

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Determinace kreditního rizika u portfolia dluhových aktiv
Determination of Credit Risk for Debt Assets Portfolio

Student: Bc. Renata Hrabovská
Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Novotný, PhD.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Renata Hrabovská**
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Téma: **Determinace kreditního rizika u portfolia dluhových aktiv**
Determination of Credit Risk for Debt Assets Portfolio

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
 2. Charakteristika finančních rizik
 3. Popis metodiky měření a řízení kreditního rizika
 4. Stanovení kreditního rizika pomocí vybraných metod
 5. Závěr
- Seznam použité literatury
Seznam zkratk
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Seznam příloh
Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

PEČENÁ, Magda a Petr TEPLÝ. *Credit Risk and Financial Crises*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2010. 226 s. ISBN 978-80-246-1872-2.
WITZANY, Jiří. *Credit risk management and modeling*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2010. 212 s. ISBN 978-80-245-1682-0.
ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 s. ISBN 978-80-86929-91-0.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Josef Novotný, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2016

Datum odevzdání: 21.04.2017

Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně.“

V Ostravě dne 20.4.2018

Hrabovská

Renata Hrabovská

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Novotnému, PhD. za odbornou pomoc, cenné rady, ochotu a čas, který mi při zpracování diplomové práce věnoval.

Zároveň chci také poděkovat své rodině za jejich psychickou i materiální podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

Obsah

1. Úvod	7
2. Charakteristika finančních rizik	8
2.1 Finanční rizika	8
2.2 Kreditní riziko	9
2.2.1 Faktory ovlivňující kreditní riziko	10
2.3 Tržní riziko	15
2.3.1 Úrokové riziko	16
2.3.2 Akciové riziko	17
2.3.3 Komoditní riziko	17
2.3.4 Měnové riziko	18
2.4 Likvidní riziko	18
2.5 Operační riziko	19
2.6 Ostatní rizika	21
3. Popis metodologie měření a řízení kreditního rizika	23
3.1 Modely řízení kreditního rizika	23
3.1.1 KMV model	24
3.1.2 CreditRisk+ TM	25
3.1.3 CreditPortfolio View TM	25
3.2 CreditMetrics TM	26
3.2.1 Měření kreditního rizika	27
3.2.2 Parametry modelu	29
3.2.3 Interpretace a aplikace výsledků	39
3.3 Regulační kapitálový požadavek	42
3.3.1 Basel I	42
3.3.2 Basel II	43
3.3.3 Basel III	47

4.	Stanovení kreditního rizika vybranými metodami	49
4.1	Vstupní data.....	49
4.2	Výpočet kreditního rizika dle Basel I, II a III	51
4.3	Výpočet kreditního rizika dle CreditMetrics TM	55
4.3.1	Odhad korelace mezi emitenty dluhopisů.....	55
4.3.2	Stanovení hodnoty dluhopisů	56
4.3.3	Simulace hodnoty portfolia	57
4.3.4	Výpočet kreditního rizika	58
4.4	Zhodnocení výsledků	63
5.	Závěr	65
	Seznam použité literatury	67
	Seznam zkratk.....	70
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	
	Seznam příloh	
	Přílohy	

1. Úvod

Pro banky je velmi důležité řízení rizik, protože rizika jsou nedílnou součástí finančních obchodů a kvalita řízení rizik má podstatný vliv na celkovou ziskovost i stabilitu banky. V bankovníctví se vyskytuje mnoho druhů rizik, ale tím nejvýznamnějším je kreditní riziko. Špatné řízení kreditního rizika může vést k bankrotu banky a zhoršit stabilitu celého bankovního sektoru, přičemž stabilita je velmi důležitá pro celé ekonomiky i kondici finančního trhu.

Cílem diplomové práce je na portfoliu dluhových aktiv stanovit a porovnat velikosti kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika dle Basilejských dohod a ekonomického kapitálu dle metody CreditMetricsTM.

Práce je rozdělena na tři části, přičemž první, teoretická část je zaměřena na charakteristiku základních finančních rizik. Větší pozornost je věnována kreditnímu riziku, u kterého jsou identifikovány faktory ovlivňující jeho velikost.

Druhá část je metodologická, kde jsou popsány komplexní modely řízení kreditního rizika, mezi které patří i metoda CreditMetricsTM. Jedna celá podkapitola je zaměřena na stanovení velikosti ekonomického kapitálu s využitím metody CreditMetricsTM. Poté jsou charakterizovány jednotlivé Basilejské dohody o kapitálové přiměřenosti, známé jako Basel I, Basel II a Basel III.

Na začátku třetí, aplikační části jsou popsána výchozí data. Kreditní riziko je stanoveno na portfoliu, které je složené z deseti dluhových aktiv obchodovaných na Frankfurt Stock Exchange. Časový horizont pro stanovení kreditního rizika je jeden rok a to od 1. 1. 2016, nominální hodnota portfolia je 10 mil. €. Na základě Basilejských dohod je u tohoto portfolia určena velikost regulatorního kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty, přičemž je aplikován standardní přístup i základní metoda vnitřních ratingů. Pomocí metody CreditMetricsTM je poté stanovena velikost ekonomického kapitálu. Zjištěné výsledky na základě jednotlivých metod jsou v závěru aplikační části srovnány a interpretovány.

2. Charakteristika finančních rizik

V úvodu kapitoly je vymezena role rizik z finančního pohledu. Poté jsou popsány a charakterizovány čtyři základní typy finančních rizik. Jedná se o kreditní riziko, jemuž bude věnována největší pozornost, dále tržní riziko, operační riziko a likvidní riziko. Existují i další typy rizik, která jsou zmíněna v závěru kapitoly.

2.1 Finanční rizika

Pojem riziko je v bankovníctví a finančním sektoru chápán jako nejistota průběhu, ale i výsledků ekonomických či finančních procesů. Banky přijímají vklady od jedné skupiny klientů a tyto finanční prostředky dále použijí na poskytování úvěrů jiné skupině klientů, což je spojeno s určitou mírou rizika. Nicméně jakákoli činnost banky je spojena s rizikem. Proto je důležité, aby banky monitorovaly veškerá možná rizika a zároveň prováděly opatření vedoucí k minimalizaci těchto rizik.

Hlavním cílem podnikatelských subjektů, tzn. i bank, je maximalizace zisku v dlouhém časovém horizontu. Zisku nelze docílit bez určitého rizika, přičemž platí, že čím vyšší zisk, tím větší riziko. Banky se tak snaží zkombinovat vhodnou výši zisku s velikostí podstupovaného rizika.

Následující *Obr. 2.1* zobrazuje rozdělení základních typů finančních rizik, přičemž členění finančních rizik se liší v závislosti na jednotlivých autorech.

Obr. 2.1 Členění finančních rizik



Zdroj: vlastní zpracování dle Vlachý (2006)

2.2 Kreditní riziko

Jelikož je kreditní riziko v bankovníctví označováno za nejstarší a zároveň za nejvýznamnější, je třeba mu věnovat dostatek pozornosti. Lze jej označit jako potenciální ztrátu banky, kdy dlužník není schopen dostát svým závazkům dle dohodnutých podmínek.

Kreditní riziko je významné i z pohledu regulatorního kapitálového požadavku. Je to z toho důvodu, že velká část kapitálu banky slouží na krytí kreditních rizik. Níže uvedená *Tab. 2.1* zobrazuje podíl kapitálových požadavků ČNB na krytí finančních rizik.

Tab. 2.1 Podíl kapitálových požadavků finančních rizik v ČR v letech 2012 – 2015 v %

Rok	2012	2013	2014	2015
Kreditní	83,8	85,4	84,98	81,66
Tržní	4,4	3,3	3,34	4,88
Operační	11,7	11,3	10,9	12,89

Zdroj: ČNB

Z *Tab. 2.1* lze vyčíst, že podíl regulatorních kapitálových požadavků na krytí kreditního rizika je nejvyšší a pohybuje se v rozmezí od 81 % do 85,5 %.

V rámci celého světa kreditní riziko dosahuje hodnot 50 % - 70 %, tržní riziko 5 % - 20 % a operační riziko 5 % - 30 %. (Mejstřík, 2008)

Míru kreditního rizika banky snižují tak, že upřednostňují obchody s důvěryhodnými stranami. Rozdíl mezi kreditními operacemi a burzovními obchody je ten, že kreditní operace jsou specifické svou obtížnou převoditelností a nestandardností. (Mejstřík, 2008)

Již v úvodu kapitoly bylo zmíněno, že kreditní riziko je ztráta vyvolána nesplacením závazků. Tyto závazky jsou důsledkem úvěrové činnosti, obchodování s cennými papíry či platebního styku. Kategorie kreditního rizika podle Jílka (2000) jsou následující:

- přímé úvěrové riziko,
- riziko úvěrových ekvivalentů,
- vypořádací riziko,
- riziko úvěrové angažovanosti.

Jestliže protistrana nebude schopna dostát svým závazkům z uzavřených obchodů (úvěry, dluhopisy, směnky atd.) včas, jedná se o **přímé úvěrové riziko**, které je nejstarší a zároveň nejvýznamnější finanční riziko trhu. (Polouček, 2013)

O **riziko úvěrových ekvivalentů** se jedná tehdy, pokud existuje riziko ztráty z defaultu partnera v podrozvahových položkách. Mezi tyto podrozvahové položky se řadí poskytnuté

záruky, dokumentární akreditivy, deriváty či úvěrové přísliby. Při výpočtu úvěrového rizika u podrozvahových položek je důležité nejprve vypočíst úvěrové ekvivalenty, tzn. součin konverzního faktoru a jmenovité hodnoty transakce nebo součet reálné hodnoty derivátu a potenciální expozice.

V průběhu procesu vypořádání vzniká riziko ztráty z defaultu protistrany, tzn. **vypořádací riziko**. Dochází k němu v době, kdy existuje časový nesoulad mezi vlastním plněním a plněním protistrany. Součástí vypořádacího rizika je měnové vypořádací riziko a vypořádací riziko cenných papírů. K měnovému vypořádacímu riziku dochází, pokud je poslána jedna měna, ale nedojde k přijetí druhé měny. Důvodem mohou být časové rozdíly a termíny konečných plateb. Vypořádací riziko cenných papírů vzniká z nesouladu při vypořádání transakcí, které jsou spojeny s obchody s cennými papíry, což je způsobeno různými druhy národních clearingových center.

Riziko úvěrové angažovanosti je definováno jako riziko ztráty, které vychází z expozice vůči jednotlivým partnerům, skupinám partnerů, spřízněným osobám či partnerům v různých zemích. V situaci, kdy by měla banka vůči klientovi, skupině či odvětví otevřenou nadměrnou expozici mohlo by dojít k finančním potížím banky. I při poskytování bankovních úvěrů je velmi důležitá diverzifikace. Z tohoto důvodu banky stanovují vůči jednotlivým klientům úvěrové limity, které se vztahují na všechny operace zvyšující úvěrové riziko banky. Tyto limity se počítají pro každého klienta zvlášť, aby nedošlo k jejich překročení.

V době hospodářského růstu banky mají sklon k menší obezřetnosti při posuzování úvěrového rizika, což má za následek zhoršenou kvalitu úvěrového portfolia. Ta se projeví až v době hospodářské recese nárůstem defaultních úvěrů, což ještě více zhorší situaci banky.

Názorným příkladem špatného řízení úvěrového rizika je americká hypoteční a kreditní krize z roku 2007. Nekvalitní poskytnuté hypotéky způsobily selhání úvěrového trhu i následnou paniku na americkém finančním trhu, která se přenesla na finanční trhy do celého světa. Tato krize postihla jak Evropu, tak Asii a přešla až v celosvětovou hospodářskou krizi. (Pečená, 2010)

2.2.1 Faktory ovlivňující kreditní riziko

Je velmi důležité znát faktory, které mají vliv na kreditní riziko. Jedná se převážně o tyto čtyři:

- pravděpodobnost defaultu,
- míra návratnosti
- kreditní expozice,

- časový horizont.

Pravděpodobnost defaultu

Hlavním zdrojem rizika je možnost změny kredibility emitenta v průběhu rizikového horizontu, tzn., že dlužník se dostane do finančních potíží a není schopen dostát svým závazkům ať už zčásti nebo v plné výši. V současnosti se pro měření pravděpodobnosti defaultu využívá rating, což je systém hodnocení, který na základě úrovně kredibility přiděluje dané písmeno nebo číselný kód. Rating je také možné definovat jako pravděpodobnost, s kterou subjekt dostojí svým závazkům. Ratingové ohodnocení mohou získat podniky, státy i konkrétní dluhopisy či jejich emise. Z pohledu tvůrce se rating dělí na interní a externí.

Interní rating si tvoří sama hodnotící společnost a využívá se především v bankovníctví. Tento rating slouží bankám při určení kritérií pro rozhodování v rámci úvěrové činnosti.

Externí rating provádí specializované instituce tzv. ratingové agentury, které vznikly z důvodu rostoucí poptávky investorů po informacích týkající se rizik spojených s investicemi do různých typů aktiv. Mezi nejznámější ratingové agentury se řadí Standard & Poor's, Moody's a Fitch-IBCA, přičemž každá ratingová agentura hodnotí subjekty odlišně a má svoji vlastní stupnici ohodnocení. Nejvíce se používá ratingové hodnocení od S&P a Moody's, ale i od těchto dvou agentur se mohou ratingy jedné firmy lehce odlišovat. Důvodem může být fakt, že S&P hodnotí dluhy různých subjektů podle současné situace dlužníka a také bere v úvahu přijaté záruky či pojištění závazku. Hodnocení rizika defaultu se vztahuje až do doby splatnosti dluhu a také je započítána pravděpodobnost výskytu možných budoucích událostí. Konečné celkové hodnocení vychází z pravděpodobnosti defaultu, typu dluhopisu a ochrany věřitele včetně jeho relativní pozice při bankrotu podle místního zákona o bankrotu a dalších právních úprav, jenž mají vliv na práva věřitele. Stupnice ratingových hodnocení je většinou rozdělena na dvě pásma:

- investiční pásmo – zde patří ratingové hodnocení AAA až BBB,
- spekulativní pásmo – řadí se zde ratingové hodnocení BB, CCC, CC a C.

Subjekty, které dosáhnou na rating v investičním pásmu, jsou považovány za důvěryhodné a tím pádem i méně rizikové. Naopak subjekty s ratingem ve spekulativním pásmu jsou brány za více rizikové.

Na základě sledování historických dat, změn hodnot ratingů jednotlivých podniků a jejich defaultů zpracovávají ratingové agentury tzv. přechodovou matici. Jde o čtvercovou matici a

každý její prvek je dán historicky pozorovanou pravděpodobností toho, že daný emitent s ratingem zachyceným v levém sloupci bude mít po danou předem určenou dobu rating zachycený v horním řádku. V této práci bude aplikována jednoletá přechodová matice, kterou vypracovala agentura Standard & Poor's. Zkrácená verze této matice je zobrazena v Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Zkrácená jednoletá tranzitivní matice pravděpodobnosti migrace ratingu v %

From/To	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	D
AAA	85,03	1,52	0,43	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
AA	0,22	78,98	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A	0,00	0,17	73,46	1,14	0,06	0,00	0,00	0,11
BBB	0,00	0,10	0,58	69,98	1,07	0,39	0,10	0,10
BB	0,00	0,00	0,00	0,00	56,75	1,00	0,75	0,50
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	45,66	4,53	4,15
CCC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,46	25,29	37,93

Zdroj: Standard & Poor's

Z Tab. 2.2 lze vyčíst, že s největší pravděpodobností setrvá rating emitenta v průběhu jednoho roku na stejné úrovni, na které byl na počátku sledovaného období. Posun ratingu o jeden stupeň jak na jednu stranu, tak i na druhou má druhou největší pravděpodobnost. V přechodové matici musí platit, že suma dílčích pravděpodobností každé kategorie je rovna 1. Z matice také vyplývá, že čím je delší časový horizont u dluhopisu, tím je vyšší pravděpodobnost defaultu.

Míra návratnosti

Pokud dlužník není schopen dále splácet své závazky, vyskytuje se velká pravděpodobnost, že pohledávky nebudou uhrazeny v plné výši jeho věřitelům. Míra návratnosti (recovery rate, RR) značí, jakou část pohledávek věřitelé získají zpět. Míru návratnosti si banky stanovují samy nebo může vycházet z různých směrnic či regulátorů. Podle Felsenheimera, Gisdakise a Zaisera (2006) je modelování míry návratnosti obtížnější než modelování pravděpodobnosti defaultu. Jeden z možných důvodů uvádějí dodatky zahrnuté skoro v každém kontraktu, kdy default jednoho instrumentu je příčinou defaultu všech dalších dluhopisů v daném podniku. Podle autorů je pravděpodobnost defaultu tzv. company-specific, zatímco míra návratnosti, která vychází z podřízenosti dílčích závazků, je považována jako tzv. instrument-specific. Podřízenost jednotlivých dluhopisů je určena jejich senioritou, jenž vyjadřuje pořadí, v jakém probíhá úhrada závazků. Existuje pět stupňů seniority:

- Senior Secured – senior dluh, zajištěný obchodovatelný dluhopis,
- Senior Unsecured – senior dluh, nezajištěný obchodovatelný dluhopis,
- Senior Subordinated – senior podřízený dluh, obchodovatelný dluhopis,
- Subordinated – podřízený dluh, obchodovatelný dluhopis,
- Junior Subordinated – junior podřízený dluh, obchodovatelný dluhopis.

Velikost míry návratnosti není dána pouze senioritou. Důležité je také brát v úvahu objem pohledávky, velikost průmyslového odvětví dlužníka, regionální faktor či dobu, po kterou se odehrává úhrada.

S mírou návratnosti je spojen parametr ztráta daná defaultem dlužníka (Loss Given Default, LGD). Tento parametr LGD_i vyjadřuje velikost ztráty u i -té pohledávky, kde došlo k defaultu. Níže uvedený vzorec udává vzájemný vztah mezi parametry RR a LGD_i :

$$LGD_i = 1 - RR_i, \quad (2.1)$$

kde LGD_i je míra ztráty u i -té pohledávky a RR_i je míra návratnosti zjištěná u dané i -té pohledávky. Míru návratnosti není lehké určit, jelikož většinou neexistuje trh, ze kterého by bylo možné vypočítat objektivní hodnocení.

U podnikových dluhopisů se využívají dvě základní studie míry návratnosti, které mají velmi podobné odhady a pokrývají stejný 25letý časový úsek (1970 – 1995). Jedná se o studii Carty & Lieberman, která je využita v rámci této práce. Druhou studií je Altman & Kishore. Obě tyto studie jsou zachyceny v následující Tab. 2.3.

Tab. 2.3 Míry návratnosti podle jednotlivých studií

Seniority class	Carty & Lieberman			Altman & Kishore		
	Počet pozorování	Průměr	Směrodatná odchylka	Počet pozorování	Průměr	Směrodatná odchylka
Senior Secured	115	53,80 %	26,86 %	85	57,89 %	22,99 %
Senior Unsecured	278	51,13 %	25,45 %	221	47,65 %	26,71 %
Senior Subordinated	196	38,52 %	23,81 %	177	34,38 %	25,08 %
Subordinated	226	32,74 %	20,18 %	214	31,34 %	22,42 %
Junior Subordinated	9	17,09 %	10,90 %	-	-	-

Zdroj: CreditMetricsTM – Technical Document

Na základě údajů z *Tab. 2.3* lze říci, že realizace záchrany jistiny se liší podle seniority. Průměrná míra návratnosti je u stupně Senior Secured více než 50 %, zatímco u Junior Subordinated je pouhých 17 %.

Kreditní expozice

Kreditní expozici lze definovat jako nárok na určitou hodnotu v době defaultu. Jde o maximální hodnotu ztráty v době, kdy je protistrana v defaultu. K defaultu může dojít kdykoli v průběhu trvání kontraktu, proto je důležitá jak kreditní expozice, tak i možné změny během trvání určitého kontraktu. Týká se to především derivátových obchodů, jelikož jejich hodnota se může v průběhu daného období významně měnit v závislosti na současné situaci na trhu. Proto existují tři míry kreditní expozice, které je nezbytné rozlišovat:

- aktuální expozice: $AE(c, t) = \max\{0, V(c, t)\}$, kde $V(c, t)$ je hodnota kontraktu c v čase t a $AE(c, t)$ je rovna kladné hodnotě aktiva v čase t ;
- potenciální expozice: tvoří dodatečnou kreditní expozici v budoucnu;
- celková expozice: součet aktuální a potenciální expozice.

V minulosti se určení kreditního rizika týkalo především dluhopisů a úvěrů, kdy se velikost kreditní expozice přibližovala jejich nominální hodnotě. Nyní se častěji využívají kreditní deriváty, které umožňují rozšířit možnosti bank a investorů při řízení kreditního rizika. Díky těmto instrumentům lze přesunout riziko od subjektu, který riziko prodává na subjekt, který ho nakupuje.

Deriváty, u kterých subjekt nakupující riziko poskytuje prostředky na krytí rizika předem, se řadí do skupiny financovaných derivátů. Opakem jsou deriváty, u kterých subjekt nakupující riziko neposkytuje prostředky na krytí rizika předem, ale až při úvěrové události, tzn., že se jedná o nefinancované deriváty. Mezi kreditní deriváty lze zařadit swapy úvěrového selhání (credit default swap, CDS), úvěrové dluhopisy (credit linked note, CLN), swapy veškerých výnosů (total return swaps, TRS) či opce úvěrového rozpětí (credit spread options, CSO).

Časový horizont

Výběr časového horizontu je také důležitým faktorem při stanovení kreditního rizika. Velká část dat, které se týkají právě kreditního rizika, je vydávána v ročních intervalech. Investoři si ale tento časový horizont, v průběhu kterého chtějí riziko měřit, určují sami.

Rozdělení pravděpodobnosti ztráty na pět let je nepochybně více nejisté než na pět dní. Určit co nejlepší časový horizont je obtížné, proto je vhodné sledovat tyto dva zásadní faktory:

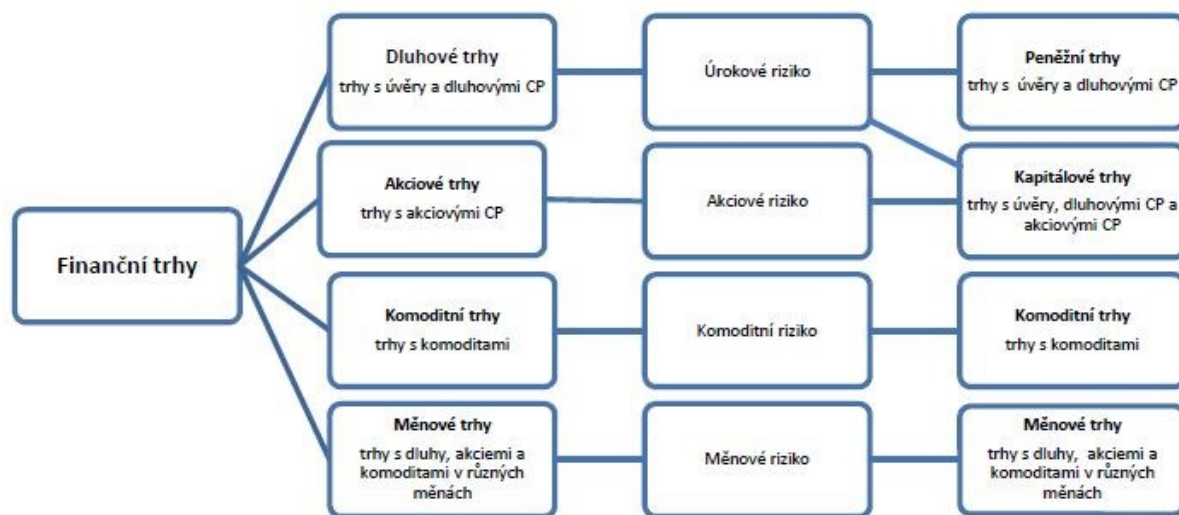
- stupeň likvidity trhu, na kterém může být existující kreditní expozice prodána,
- preference každého jednotlivého investory, jenž má kreditní portfolio.

V rámci této práce bude aplikován nejpoužívanější časový horizont a to na roční bázi.

2.3 Tržní riziko

Dalším podstatným rizikem, kterému jsou banky vystaveny, je tržní riziko. Jedná se o riziko ztráty v situaci, kdy dojde ke změně tržních cen podkladových aktiv na finančním trhu. Z důvodu větší diverzifikace činnosti bank a zvyšujícího zájmu prosadit se na finančních trzích, roste i významnost tohoto rizika. Tržní riziko má největší vliv na investiční bankovníctví. Od podkladového aktiva, s nímž banka obchoduje, se odvíjí tržní riziko. To je možné dělit na úrokové, akciové, komoditní či měnové riziko. Tyto druhy rizik a vazby mezi nimi je možné vidět v níže uvedeném *Obr. 2.2*.

Obr. 2.2 Vazby finančních trhů a tržních rizik



Zdroj: Jílek (2000)

Z *Obr. 2.2* je zřejmé, že základní typy tržního rizika jsou velice závislé na rozdělení finančních trhů, jenž se dělí na trhy dluhové, akciové, komoditní a měnové. Na dluhovém trhu dochází k poskytování úvěrů a také se zde obchoduje s dluhovými cennými papíry. Úrokové riziko je na tomto trhu nejpodstatnější a je spojeno se ztrátou, která je zapříčiněna neočekávanou změnou úrokové míry. Dluhovými cennými papíry se rozumí nakoupené cenné

papíry úvěrového charakteru, jenž tvoří pohledávku držitele cenného papíru vůči jeho emitentovi. Mezi dluhové cenné papíry se řadí dluhopisy (obligace), směnky aj.

Dalším trhem je akciový trh, kde se obchoduje s akciemi. Zde je nejdůležitějším rizikem akciové riziko, které představuje riziko ztráty z neočekávaných změn cen akciových nástrojů na obchodní portfolio banky.

Do komoditních trhů bývá v rámci finančních trhů zařazen pouze trh s drahými kovy (např. zlato, stříbro). Komoditní riziko je chápáno jako ztráta z neočekávané změny tržních cen komodit na obchodní portfolio banky.

Posledním trhem je měnový neboli devizový trh. Podle Jílka (2000) se jedná o největší trh na světě, který je vytvořen všemi předchozími trhy za předpokladu, že je obchodováno ve více měnách. Riziko je zde chápáno jako ztráta z neočekávané změny měnových kurzů.

2.3.1 Úrokové riziko

Podle Kašparovské (2006) je úrokové riziko charakterizováno jako riziko, jenž banka podstupuje při změně tržních úrokových sazeb a tyto změny mají negativní vliv na změnu úrokového výnosu či tržní hodnotu kapitálu banky.

V rámci řízení úrokového rizika je nejpodstatnější udržet požadovaný výnos při minimální výši rizika. Tento výnos je nejčastěji vyjádřen pomocí čistého úrokového výnosu nebo čisté úrokové marže. Celkové úrokové riziko je možné dále členit na čtyři dílčí rizika:

- riziko gapu – vzniká při časovém nesouladu mezi přeceněním aktiv a pasiv, jenž jsou vázána na referenční úrokovou sazbu. Pokud dojde ke změně této sazby, změní se výnosy z aktiv a náklady z pasiv. Směr pohybu referenční sazby a struktura aktiv i pasiv určují, zda bude dosaženo zisku či ztráty.
- riziko báze – princip je velmi podobný jako u rizika gapu. Rozdíl je v tom, že aktiva a pasiva nejsou vázána na jednu referenční úrokovou sazbu, ale na jiný druh pohyblivých sazeb, jenž jsou vzájemně poměrně nezávislé.
- riziko výnosové křivky – znázorňuje ztrátu z neočekávané změny tvaru nebo sklonu výnosové křivky. To je rozdíl oproti gapu, kde se celá křivka jen posouvala, ale neměnila.
- riziko vtělené opce – týká se předčasného splacení úvěru nebo vybrání vkladu. Pokud klienti ve smlouvách toto právo mají, jde o určitý typ opce. Vybrané či předčasně vrácené peníze si může klient opět půjčit, ale nyní, pro něj, za výhodnějších podmínek, což se negativně ovlivní úrokové výnosy banky.

Pro měření úrokového rizika se nejčastěji používá gapová analýza, metoda analýzy durace, durace gapu či metoda Value at Risk (VaR).

Banka může na úrokové riziko reagovat dvěma způsoby. Měla by se snažit o zajištění proti jeho nepříznivému vývoji nebo se pokusit vydělat na pohybu úrokových sazeb. Prvním ze způsobů je tzv. defenzivní strategie, přičemž cílem je nezávislost velikosti čisté úrokové marže na změnách úrokových sazeb. Druhým způsobem je tzv. agresivní strategie, kdy banka využívá změn úrokových sazeb ke zvýšení úrokové marže.

Banka využívá pro řízení úrokového rizika různé metody, které lze rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou metody řízení v bilanci, kdy banka využívá změnu struktury bilance k eliminaci zdroje rizika, tzn., že odstraňuje nevyhovující aktiva a pasiva z bilance. Úrokové riziko je pouze odstraněno jako nežádoucí následek. Nejčastěji dochází ke změně úrokových sazeb nebo struktury investičního portfolia. Druhou skupinou jsou metody řízení úrokového rizika pomocí derivátů. Tyto deriváty je možné použít na zajištění nebo na spekulace, která je vysoce riziková a mohla by zapříčinit velké ztráty. To samé platí při využití derivátů na zajištění, přičemž jejich výhodou je snížení úrokové expozice banky s malými požadavky na kapitál.

2.3.2 Akciové riziko

Akciové riziko není možné charakterizovat pouze jako riziko ze snížení ceny akciového nástroje. Podle Jílka (2000) se jedná o riziko ztráty vyplývající ze změn cen nástrojů, které jsou citlivé na ceny akcií. Poté lze akciové riziko rozdělit na čtyři dílčí rizika:

- riziko změny cen akcií,
- riziko změny volatility cen akcií,
- riziko změny cenových indexů mezi různými akciemi či akciovými trhy,
- riziko změny dividend.

Dále je potřeba rozlišovat systémové a specifické riziko. Systémové riziko je spojené s trendy na akciových trzích a je možné jej snížit diverzifikací mezi větší množstvím trhů. Specifické riziko je spojené s vývojem jednotlivých akcií a lze ho snížit diverzifikací mezi větší množstvím akcií.

2.3.3 Komoditní riziko

Toto riziko je velice podobné jako akciové riziko, jelikož je také spojeno s rizikem změny cen finančních instrumentů, jenž jsou citlivé na změnu cen komodit. Komoditní riziko je

zajišťováno pomocí derivátů. Stejně jako akciové riziko tak i komoditní riziko je možné rozdělit na dílčí rizika:

- riziko změny cen komodit,
- riziko změny volatility cen komodit,
- riziko změny vztahu mezi spotovými a forwardovými cenami komodit,
- riziko změny cenového rozpětí mezi různými komoditami.

2.3.4 Měnové riziko

Měnové neboli kurzové riziko je možné charakterizovat jako riziko nejistoty ve vývoji kurzů měn, ve kterých jsou denominovány rozvahová aktiva, pasiva, podrozvahové pohledávky i závazky banky. U jednotlivých položek je důležité brát v úvahu souvislost z hlediska velikosti, měny nebo času.

Banka v rámci řízení měnového rizika usiluje o to, aby aktiva v cizích měnách odpovídaly pasivům v těchto měnách a to za účelem zajištění nebo spekulace. K zajištění se také využívají měnové deriváty. Jak už dříve bylo zmíněno, měnový trh je největší a také nejlikvidnější finanční trh na světě. Jde o mimoburzovní trh (OTC), jelikož měny jsou vysoce homogenní aktivum a o obchodu rozhoduje vždy cena, která by při obchodování na burze byla vyšší, např. kvůli poplatkům. Tento trh tvoří elektronická síť poskytující obchodování 24 hodin denně. Mimoburzovní trh je založen na vzájemné důvěře, protože banky nemají jistotu, že protistrana dostojí svým závazkům. Z tohoto důvodu na trhu obchodují pouze subjekty, jenž svou důvěryhodnost prokázaly. Na tento trh velmi těžko pronikají nové subjekty.

Na měnovém trhu banky realizují zajišťovací i spekulativní operace s cílem maximalizovat zisk. Základním typem operací jsou potové výměny peněz, které se odehrávají v rámci systému SWIFT a korespondenčních bank. Aby bylo měnové riziko dostatečně zajištěno, banky využívají obchody, jejichž termín vypořádání je delší než dva pracovní dny. Jedná se o swaps, forwardy či futures.

2.4 Likvidní riziko

Dříve tomuto riziku nebyla věnována taková pozornost a pravidla řízení nebo jeho definice byla uvedena pouze v předpisech, které vydal Výbor pro bankovní dohled. Díky regulatorním pravidlům Basel III, jenž kladou větší důraz na likvidní riziko a považují jej za velmi důležitou oblast, je současná situace úplně jiná. Riziko likvidity je možné charakterizovat jako riziko, kdy banka nebude schopná zcela nebo částečně dostát svým

závazkům v době jejich splatnosti a také nebude schopná financovat svá aktiva. Likvidní riziko je možné členit na dvě základní kategorie:

- riziko financování – rizikem je zde ztráta v situaci dočasné neschopnosti splácet. Jedná se o riziko neschopnosti zajistit prostředky na portfolio aktiv, pasiv při určité splatnosti a úrokové míře.
- riziko tržní likvidity – jedná se o riziko ztráty v situaci, kdy je na trhu finančních instrumentů nízká likvidita, což omezuje rychlé vypořádání pozic. Základem tohoto rizika je rozdíl mezi splatností aktiv (úvěry, investice) a pasiv (vklady, závazky aj.). Jelikož banka má v hotovosti jen malou část všech finančních prostředků, neustále podstupuje riziko, že klienti budou chtít své finanční prostředky vybrat.

Správnou strukturou aktiv a pasiv lze docílit snížení likvidního rizika. Pokud banka má dostatečně vysoké rezervy na krytí neočekávaných výdajů, drží dostatečné množství finančních prostředků v hotovosti, má vklady u CB či komerčních bank a také drží krátkodobé cenné papíry, lze takovou banku pokládat, z hlediska likvidity, za bezpečnou. Banka by měla na straně pasiv udržovat větší podíl vlastního kapitálu oproti cizímu kapitálu a také by měla usilovat o časovou synchronizaci aktiv a pasiv.

2.5 Operační riziko

Podle České národní banky (2004, s. 1) je operační riziko charakterizováno jako „*riziko ztráty banky vlivem nedostatků či selhání vnitřních procesů, lidského faktoru nebo systémů či riziko ztráty banky vlivem vnějších událostí, včetně rizika ztráty banky v důsledku porušení či nenaplnění právní normy.*“

Také je možné definovat operační riziko jako neočekávanou situaci či okolnost, jenž může v konečném důsledku mít podstatný vliv na banku i její činnost. Tyto neočekávané události se mohou vyskytnout téměř na všech úrovních banky, dokonce i tam, kde existují interní kontrolní systémy.

Při srovnání operačního rizika s ostatními finančními riziky je zřejmé, že operační riziko není primárně spjaté s portfoliem dané finanční instituce. Jedná se o riziko, které je spjaté s hlavními prvky banky, tj. lidmi, systémy a technologiemi. (ČNB, 2007)

Na základě Basilejského výboru je možné operační riziko členit na čtyři dílčí rizika:

- riziko ztráty z nepřiměřených nebo špatných vnitřních procesů,
- riziko lidské,
- riziko systémů,
- externí faktory.

Aby banka dosáhla svých požadovaných cílů, je nutné tyto rizika eliminovat a vytvářet vhodný systém řízení operačního rizika. Externí faktory lze ovlivnit velmi těžko, ale další tři faktory se řadí mezi vnitřní, které lze ovlivnit podstatně lépe. Nedostatek historických dat je typickým rysem operačního rizika, přičemž by tyto data pomohla přesněji predikovat rizika a také by pomohla snížit jejich dopady.

Vnitřní procesy

Rizika vnitřních procesů vyplývají z neefektivních či nevyhovujících činností banky a tudíž nevedou k dosažení požadovaných cílů. V některých situacích těchto cílů dosáhnout jde, ale s vynaložením příliš vysokých nákladů. Za příklad lze uvést chyby, které se vyskytují v celém procesu. Tyto chyby začínají již u prodeje, stanovení cen a končí v dokumentaci a následném plnění klientovi, které vychází ze smlouvy. Nejčastěji chyby vznikají při špatném provedení bezhotovostního platebního příkazu, nesprávném čerpání úvěru na jiný účet nebo zaslání výpisu klienta na špatnou adresu aj. Pokud k těmto pochybením dochází často, může to vést k finančním ztrátám, k odchodu klientů či poškození jména finanční instituce.

Lidský faktor

Velmi častým zdrojem operačního rizika je právě riziko, které je spojené s lidskou činností, což je do určité míry přirozené a tudíž jej nelze úplně odstranit. Mezi nejčastější chyby lidského faktoru patří nedbalost či nedostatečná koncentrace, která může být způsobena únavou, stresem. Dále se může jednat o neprofesionální chování na pracovišti nebo nedostatečná kvalifikace aj. Předpokládá se, že tyto příčiny operačního rizika jsou neúmyslné. Významnou roli sehraávají rizika úmyslná a jde například o padělání podkladů, zpronevěra, krádež nebo přijímání úplatků. U operačního rizika je velmi důležitý dobře nastavený vnitřní kontrolní systém.

Systémové riziko

Definice systémů zpravidla zahrnuje interní technologické systémy banky. Systémové riziko vzniká z důvodu selhání či nedostatečnosti systému a je spojeno s jeho údržbou.

Typickým příkladem systémového rizika jsou výpadky elektřiny nebo napadení systému hackery.

Externí riziko

Každý podnik se potýká s externími vlivy, mezi které se může řadit padělání peněz, závislost na dodavateli či bankovní loupeže. Také příchod nové konkurence na trh, živelné pohromy, stávky, demonstrace nebo terorismus patří mezi podstatné rizikové faktory. Do skupiny externích vlivů patří i napadení systému.

2.6 Ostatní rizika

Tato rizika jsou stejně jako operační riziko propojena s vnitřními procesy v určité bance. Do této skupiny patří velké množství různých rizik např. reputační riziko, strategické riziko nebo regulatorní riziko.

Reputační riziko

Jde o riziko, které vychází ze ztráty důvěryhodnosti nebo negativního vnímání ze strany klientů, akcionářů, analytiků či dalších subjektů. Finanční sektor je z velké části postaven na důvěře, a proto ztráta dobré pověsti může mít negativní vliv na rentabilitu finanční instituce. To se poté může odrazit v určitých požadavcích na kapitál, kdy banka musí na reputační riziko zvyšovat kapitálový požadavek.

Strategické riziko

Jedná se o riziko ztráty vyplývající z neschopnosti managementu přizpůsobit činnost a chod banky novým trendům, nově vzniklým či změněným podmínkám podnikání na finančním trhu. Důvodem je nevhodné strategické rozhodování nebo špatně zvolené strategie. Příkladem může být situace, kdy se banka rozhodne využít nový distribuční kanál. Musí dokonale zvládnout změnu vnitřního procesu, u které je velmi důležité správné načasování. Také je podstatné celkové vnímání okolního trhu tak, aby byla změna prospěšná a rentabilní, jinak by došlo ke ztrátě.

Regulatorní riziko

Je to riziko ztráty, které vyplývá ze změny zákonů a regulatorních pravidel ve vztahu k bance, jejím produktům nebo poskytovaným službám. Jedním z nejzásadnějších faktorů, které hrají roli při snižování regulatorního rizika, je reakce managementu banky. Za příklad lze uvést regulatorní požadavky spojené s přijetím Basel III. (Teplý, 2011)

3. Popis metodologie měření a řízení kreditního rizika

Tato kapitola je věnována popisu modelů, které slouží k řízení kreditního rizika. Detailněji bude popsán model CreditMetricsTM, pomocí kterého je určena výše ekonomického kapitálu. Tomuto modelu je věnována samostatná podkapitola. Poté budou charakterizovány Basilejské dohody o kapitálové přiměřenosti (Basel I, Basel II, Basel III), pomocí kterých bude stanovena velikost regulatorního kapitálového požadavku. Regulatorní kapitálový požadavek i ekonomický kapitál slouží ke krytí neočekávaných ztrát z kreditního rizika.

3.1 Modely řízení kreditního rizika

V průběhu posledních desetiletí se banky snaží rozvíjet a více propracovávat metody, které jsou využívány k řízení a měření kreditního rizika. K boomu těchto nových metod došlo převážně ke konci dvacátého století. Existují dvě základní skupiny modelů:

- Default-Mode – na konci rizikového horizontu mohou u dlužníků nastat pouze dva stavy: default nebo survival (přežití), kdy riziko vyplývá z defaultu (Gronyochová, 2008);
- Mart-to-Market – na konci rizikového horizontu se dlužník nachází v jednom z určených ratingových stupňů včetně defaultu a riziko je zde následkem přechodu dlužníka z vyššího ratingového stupně na nižší

Hlavním cílem všech modelů kreditního rizika je vyhodnocení rizika spojeného jak s daným obchodem, tak s celým portfoliem. Na základě míry tohoto rizika by měly banky držet přiměřenou velikost kapitálu. Je velmi důležité, aby model byl postaven na co nejvyšší míře spolehlivosti, především při predikci defaultu. Mezi nejpoužívanější komplexní modely se řadí:

- KMV (1993),
- CreditRisk+TM (1997),
- CreditPortfolioViewTM (1997),
- CreditMetricsTM (1997).

Jak již bylo v úvodu kapitoly zmíněno, modely kreditního rizika slouží pro odhad velikosti ekonomického kapitálu nutného k pokrytí rizik, které vyplývají z úvěrových aktivit bank.

3.1.1 KMV model

Tento model nevychází z tradiční kreditní analýzy, ale je postaven na informacích z cen akcií podniku a patří mezi Default-Mode modely. Základní myšlenkou modelu je možnost považovat akcii za nákup kupní opce na aktiva podniku, přičemž vypořádací cena opce je nominální hodnota dluhu i s úroky a splatnost opce je dána splatností dluhu v čase t . U KMV modelu default vzniká tehdy, pokud hodnota aktiv klesne pod kritickou hodnotu. Default má tedy spojitost s kapitálovou strukturou emitenta. Odlišnost tohoto modelu oproti ostatním modelům spočívá v odhadu ekonomického kapitálu. KMV model neodhaduje ekonomický kapitál pomocí VaR, ale pomocí analytického přístupu. Pravděpodobnost defaultu jednotlivých dlužníků znázorňuje očekávaná četnost defaultu (EDF), která je základním faktorem tohoto modelu. Pro celkový odhad četnosti defaultu jsou nutné následující kroky:

- odhad hodnoty aktiv a rozptylu hodnoty aktiv jako f-ce kapitálové struktury podniku a bezrizikové úrokové míry,
- odhad bodu default (DP), který lze vypočítat jako součet hodnoty krátkodobých závazků a 1/2 dlouhodobých závazků. Default nastane, pokud tržní hodnota aktiv klesne pod tuto hranici,
- odhad vzdálenosti od defaultu (DD) vyjadřuje rozdíl mezi očekávanou hodnotou aktiva na konci rizikového horizontu a bodem defaultu. Tento rozdíl je stanoven jako násobek směrodatné odchylky rozdělení hodnot aktiv. Čím větší je vzdálenost od defaultu, tím je aktivum bezpečnější. Odhad vzdálenosti od defaultu lze zapsat pomocí následujícího vzorce:

$$DD = \frac{\ln \frac{V_0}{DP} + (\mu - \frac{\sigma_V^2}{2}) \cdot T}{\sigma_V \cdot \sqrt{T}}, \quad (3.1)$$

kde V_0 je odhad hodnoty aktiv, DP je odhad bodu defaultu, μ je očekávaný čistý výnos hodnoty aktiv, σ_V je volatilita návratnosti aktiv a T je splatnost.

- odhad EDF: model KMV vygeneruje současnou hodnotu budoucích peněžních toků očekávanou pro jednotlivá aktiva, korelaci výnosů aktiv a odhad rozdělení ztrát, podle něhož lze zjistit velikost kreditního rizika u portfolia.

Model KMV vychází především z tržních dat, což je jeho velkou výhodou. Existují i případy, kdy tržní data věrně neodráží situaci podniku. V tomto případě model nelze použít, jelikož nemá schopnost predikovat budoucí vývoj. (Gronychová, 2008)

3.1.2 CreditRisk+™

CreditRisk+™ opět spadá do kategorie modelů Default-Mode. Předpokladem modelu je, že banky znají pravděpodobnost defaultu dlužníků, přičemž tyto pravděpodobnosti se v čase nemění. Tento model odhaduje ekonomický kapitál a zároveň rozdělení ztrát v určitém časovém rozmezí pomocí metody VaR. Pro jednotlivá data se riziko stanoví jako odhad očekávané ztráty. Pokud se určuje riziko portfolia, je nezbytné rozložit dlužníky do pásem tak, aby dlužníci se stejnou mírou rizika byli ve stejném pásmu.

Pravděpodobnost defaultu v daném časovém horizontu $PD(n)$ se podle Crouchy, Galaie a Marka (2000) stanoví:

$$PD(n) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^n}{n!}, \quad (3.2)$$

kde μ je průměrný počet defaultů za rok.

Model CreditRisk+™ se využívá pro stanovení úvěrového rizika v homogenním portfoliu s velkým počtem dlužníků a nízkou rizikovostí. Riziko je nadhodnoceno, pokud se jedná o portfolio s nízkým počtem dlužníků. Model vyhovuje spíše rizikovějším instrumentům, jelikož nebere v potaz ekonomické podmínky.

3.1.3 CreditPortfolio View™

Tento model je kombinací modelů CreditRisk+™ a CreditMetrics™. Model CreditPortfolio View™ je ekonometrickým modelem, který bere v úvahu makroekonomické vlivy. V modelu jsou obsaženy defaultové stavy a existuje možnost změny ratingových kategorií. Model je postaven na základní myšlence, která říká, že změny kreditních ratingů jsou důsledkem změn ekonomického cyklu. Pravděpodobnost defaultu $PD_{j,t}$ je vyjádřena následující rovnicí:

$$PD_{j,t} = \frac{1}{1 + e^{-y_{j,t}}}, \quad (3.3)$$

kde $y_{j,t}$ znázorňuje makroekonomický indikátor, který zohledňuje standartní ekonomické veličiny, ekonomické škody a změny.

U tohoto modelu lze použít matici přechodů, která je ale závislá na současné fázi ekonomického cyklu. Je tedy vhodné integrovat pravděpodobnost úpadku a přechodu s makroekonomickými veličinami, kterými mohou být úroková míra, míra úspor, míra nezaměstnanosti či reálný HDP. (Witzany, 2010)

3.2 CreditMetrics™

Model CreditMetrics™ byl vytvořen v roce 1997, tudíž se nejedná o nově vzniklý přístup, ale o jakousi modifikaci již existujícího přístupu. Řadí se do kategorie modelů Mark-to-Market a je postaven na tradiční kreditní analýze a ratingovém ohodnocení. V této části práce jsou informace čerpány především z dokumentu CreditMetrics™ – Technical Dokument, který detailně popisuje přístup měření kreditního rizika. Dalšími zdroji jsou Gronychová (2008) a Witzany (2010).

Migrační analýza je podstatným prvkem modelu a je založena na matici přechodu. Tyto matice slouží k odhadu jak pravděpodobnosti defaultu, tak i vývoje úvěrové kvality dlužníka v daném časovém rozmezí. U modelu CreditMetrics™ je možné tyto charakteristiky stanovit na úrovni dlužníků, jednotlivých instrumentů nebo u celých portfolií. Lze tak ohodnotit portfolio jako celek a současně určit, jak dílčí složky ovlivňují velikost celkového rizika. Tento dílčí vliv se nazývá marginální riziko. U modelu CreditMetrics™ stanovení velikosti kreditního rizika se zakládá na očekávané budoucí hodnotě portfolia. Tato hodnota se v čase mění podle toho, jak jednotlivé instrumenty či dlužníci migrují mezi ratingovými kategoriemi.

Typickým znakem dluhopisů jsou přesně stanovené a omezené výnosy. Dalším znakem jsou těžké konce, které již byly zmíněny dříve. Existence těžkých konců vede banky, které používají metodu VaR ke zvýšení hladiny spolehlivosti. Minimální úroveň této hladiny je 99 %, většinou však 99,5 %, dokonce i 99,9 %.

Value at Risk (VaR) lze definovat jako maximální možnou ztrátu na dané hladině spolehlivosti za určité časové rozmezí. Existují dva způsoby interpretace:

- a) ztráta z portfolia dluhových aktiv ($-\Delta\tilde{I}$) bude na dané hladině významnosti α vyšší, než předem určená hodnota ztráty (VaR), přičemž tuto skutečnost popisuje následující vztah:

$$\Pr(-\Delta\tilde{I} \geq VaR) = \alpha, \quad (3.4)$$

- b) zisk z portfolia dluhových aktiv ($\Delta\tilde{I}$) bude na dané hladině významnosti α menší, než předem určená hodnota zisku (-VaR), což je možné napsat takto:

$$\Pr(\Delta\tilde{I} \leq -VaR) = \alpha. \quad (3.5)$$

Pomocí metody Monte Carlo lze zjistit hodnotu VaR. Tato metoda je postavena na velkém množství simulací vývoje hodnoty portfolia aktiv. Níže uvedený vztah zobrazuje rozdělení pravděpodobnosti přírůstku hodnoty portfolia aktiv ($\Delta\tilde{I}$) na dané hladině spolehlivosti α , což je hlavním úkolem modelu:

$$\Delta\tilde{\Pi} = \tilde{V}_P^T - V_P^t = \sum_n \tilde{V}_{n,J,T} \cdot x_n - \sum_n V_{n,i,t} \cdot x_n, \quad (3.6)$$

kde \tilde{V}_P^T je výchozí hodnota portfolia, V_P^t je predikovaná hodnota portfolia, $V_{n,i,t}$ je hodnota n -tého aktiva v i -té ratingové kategorii v portfoliu aktiv, x_n je množství n -tého aktiva v i -té ratingové kategorii v portfoliu, $\tilde{V}_{n,J,T}$ je hodnota n -tého aktiva v j -té ratingové kategorii na konci předem určeného časového horizontu T . Časový horizont je nejčastěji jeden rok a hodnota je stanovena z ratingového stupně na konci časového horizontu.

Ekonomický kapitál tvoří velikost kapitálu, kterou je nezbytné držet pro případ neočekávané ztráty a při rozdělení pravděpodobnosti přírůstu portfolia jej lze vypočítat následovně:

$$\text{Ekonomický kapitál} = VaR_\alpha - E(-\Delta\tilde{\Pi}), \quad (3.7)$$

kde $E(-\Delta\tilde{\Pi})$ je střední hodnota ztráty, VaR_α je maximální možná ztráta na dané hladině významnosti.

3.2.1 Měření kreditního rizika

Základní veličiny pro měření kreditního rizika u modelu CreditMetricsTM jsou percentily a směrodatná odchylka. Je vhodné využít obě, protože každá má jinou vypovídající schopnost. Určit by se mělo také marginální riziko představující příspěvek dílčích prvků portfolia vůči celkovému riziku.

Nejčastěji používaným ukazatelem při měření rizika je směrodatná odchylka, která stanovuje rozptyl kolem střední hodnoty. Mezi rizikem a směrodatnou odchylkou je přímo úměrný vztah, tzn. čím je směrodatná odchylka vyšší, tím je vyšší i riziko. Před samotným výpočtem směrodatné odchylky je důležité určit střední hodnotu dle následujícího vzorce:

$$\mu_p = \sum_{i=1}^s p_i \cdot V_i, \quad (3.8)$$

kde μ_p je střední hodnota, p_i je pravděpodobnost přechodu do jiné ratingové kategorie i a V_i je hodnota aktiva v i -té ratingové kategorii a s je počet kategorií. Dále je vhodné vypočítat sumu čtverců, která je dána níže uvedeným vztahem:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^s p_i \cdot (V_i - \mu_p)^2, \quad (3.9)$$

kde σ_p^2 je rozptyl daného portfolia. Nyní se vypočítá směrodatná odchylka dle následujícího vzorce:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2}, \quad (3.10)$$

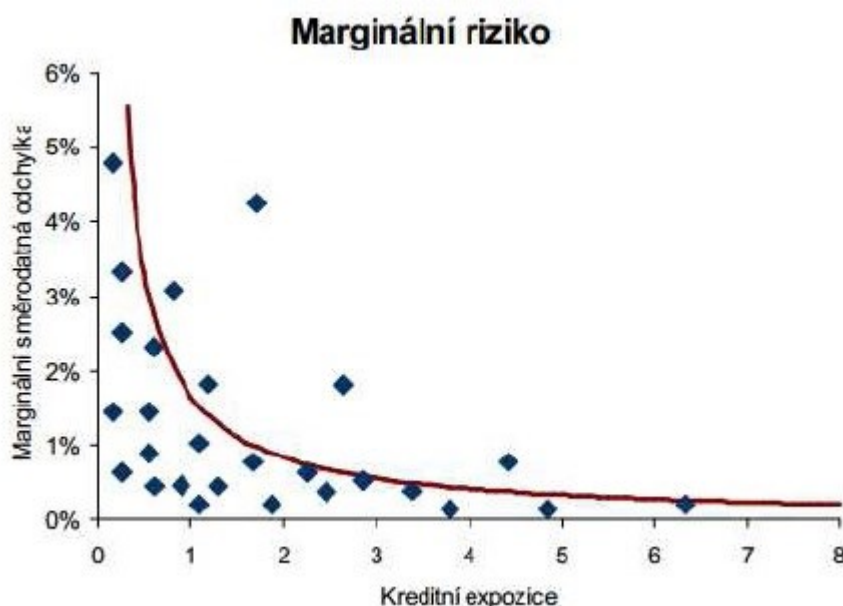
kde σ_p je směrodatná odchylka.

Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, kreditní riziko má oproti tržnímu riziku abnormální rozdělení, proto je velmi složitá interpretace směrodatné odchylky. Tudíž je vhodné přidat ke směrodatné odchylce také percentil.

Percentil je možné charakterizovat jako nejnižší hodnotu, na kterou se může portfolio dostat při dané pravděpodobnosti. Kupříkladu první percentil je hodnota pro níž platí, že pravděpodobnost nabytí hodnoty nižší než tento percentil je 1 %. Pro získání prvního percentilu je nejdůležitější udělat simulaci Monte Carlo a poté získaná data seřadit od nejnižší po nejvyšší hodnotu. Cílem je najít požadovanou hodnotu, tzn. v případě tisíce simulovaných scénářů, by byl první percentil na úrovni desáté hodnoty.

Vhodné je také určit marginální riziko vyjadřující míru rizika, kterou jeden emitent participuje na celkovém riziku portfolia. Marginální riziko je možné určit jako rozdíl mezi riziky dvou portfolií lišící se jedním aktivem. Z následujícího *Obr. 3.2*, ve kterém je zobrazeno marginální riziko, lze vyčíst, že směrodatná odchylka klesá, pokud roste velikost expozice.

Obr. 3.2 Grafické znázornění marginálního rizika



Zdroj: Gronychová (2008)

Velmi důležitou vlastností portfolia je možnost diverzifikace, tzn. možnost tvorby portfolia s nižším rizikem, než je riziko jednotlivých aktiv v portfoliu. Je to dáno existencí záporných korelačních vazeb mezi jednotlivými aktivy. Efektivní portfolio je pak takové, které dosahuje minimálního rizika při určitém výnosu. Při tvorbě portfolia hraje důležitou roli postoj investora k riziku.

3.2.2 Parametry modelu

Mezi parametry modelu CreditMetricsTM se řadí korelace mezi dlužníky, matice přechodu, míry návratnosti či model oceňování aktiv. Při výpočtu kreditního rizika pomocí modelu CreditMetricsTM je nutné stanovit hodnotu obligace a zjistit diskontní sazby. Také je důležité vhodně se rozhodnout mezi analytickou a simulační metodou výpočtu kreditního rizika.

Výpočet hodnoty obligace

Nutností modelu je určit současnou hodnotu obligace, která se vypočítá dle následujícího vzorce jako současná hodnota budoucích peněžních toků:

$$PV = \sum_t^n \frac{C_t}{(1 + r_t)^t} + \frac{NH}{(1 + r_n)^n}, \quad (3.11)$$

kde C_t je kupónová platba v jednotlivých letech, r_t je výnos do splatnosti, NH je nominální hodnota a n je počet let do splatnosti.

Stanovení diskontních sazeb

Před samotným výpočtem této hodnoty je nezbytné znát diskontní sazby pro jednotlivé ratingové kategorie, při jejichž stanovení se vychází z výnosové křivky. Tato křivka je odvozena z přechodové matice, u které je nutné přidat jeden řádek představující přechodové pravděpodobnosti z defaultu na jiný rating. V realitě však taková situace nemůže nastat, proto přidáný řádek tvoří samé nuly. V situaci, kdy společnost již v defaultu je, se poslední sloupec rovná jedné. Výsledkem je matice T , kterou je možné zapsat následovně:

$$T = \begin{bmatrix} T_V & t_d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.12)$$

Nyní lze určit dvouletou matici přechodu, která se stanoví jako součin T a T .

$$T^2 = T \cdot T = \begin{bmatrix} T_V^2 & (1 + T_V) \cdot t_d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.13)$$

Obecná n -roční matice přechodu se dá zapsat následovně:

$$T^n = \begin{bmatrix} T_V & \sum_{t=0}^{n-1} T_V^t \cdot t_d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.14)$$

kde T_n je pravděpodobnost defaultu podniku v průběhu n let pro všechny ratingové kategorie.

Nyní je možné určit diskontní sazby pro jednotlivé ratingové kategorie a roky. Výpočet těchto sazeb je založen na implicitní teorii očekávání a bezrizikové sazbě (Zmeškal, 2013).

Výpočet diskontních sazeb znázorňuje níže uvedená rovnice:

$$f_t = \frac{(1 + r_t)^t}{(1 + r_{t-1})^{t-1}} - 1, \quad (3.15)$$

kde r_t je bezriziková sazba a může jí být například sazba PRIBOR, LIBOR, EUROLIBOR, 2T REPO nebo hodnota úrokového swapu (IRS).

Nyní je možné stanovit úrokové sazby. Výpočet pro jednoletou úrokovou sazbu lze zapsat následovně:

$$(1 + r_1^i) \cdot (1 - p_1^i) + p_1^i \cdot RR = 1 + r_1^F, \quad (3.16)$$

kde r_1^i je hledaná úroková sazba podniku s ratingem i v roce 1, p_1^i je pravděpodobnost defaultu a r_1^F je jednoletá bezriziková sazba.

Ted' lze určit dvouletou úrokovou sazbu pomocí následujícího vztahu:

$$p_1^i \cdot RR \cdot \frac{(1 + r_1^F)^2}{(1 + r_1^F)} + (p_2^i - p_1^i) \cdot RR + (1 + r_2^i) \cdot (1 - p_2^i) = (1 + r_2^F)^2, \quad (3.17)$$

kde p_1^i a p_2^i představují pravděpodobnost defaultu v prvním a druhém roce. Vztah pro výpočet dvouleté úrokové sazby se získá úpravou vzorce (3.17). Poté má vztah následující tvar:

$$r_2^i = \sqrt{\frac{(1 + r_2^F)^2 - p_1^i \cdot RR \cdot \frac{(1 + r_1^F)^2}{(1 + r_1^F)} - (p_2^i - p_1^i) \cdot RR}{(1 - p_2^i)}} = -1. \quad (3.18)$$

Obecný vzorec pro výpočet úrokové sazby n -let lze získat úpravou předchozí rovnice.

$$r_n^i = \sqrt{\frac{(1 + r_n^F)^n - RR \cdot \sum_{j=1}^n \left[p_{j-1}^i \cdot \frac{(1 + r_n^F)^n}{(1 + r_{j-1}^F)^{j-1}} + (p_j^i - p_{j-1}^i) \right]}{(1 - p_n^i)}} = -1. \quad (3.19)$$

Odhad korelace mezi dlužníky

Další nezbytnou součástí stanovení kreditního rizika je odhad korelace mezi dlužníky. Diverzifikace portfolia je u kreditního rizika mnohem těžší, než je tomu v případě tržního rizika. Rozdíl je v tom, že pokud dojde u tržního rizika ke zvyšování počtů titulů v portfoliu, znamená to i vyšší diverzifikaci. Rozhodně to neplatí u kreditního rizika. Modely kreditního rizika jsou zaměřené na odhad úrovně rizika, ale také na rozpoznání hlavní příčiny, což umožňuje lepší diverzifikaci. Při odhadu korelace je důležité brát v potaz různé faktory, kterými jsou např. volatilita cen akcií, korelace devizových kurzů, meziodvětvová korelace aj. Existuje zde očekávání, že korelace mezi jednotlivými emitenty bude nulová, jelikož je každý individuální. Avšak na historickém vývoji změn ratingů je možné upozorovat, že se tyto korelace vyskytují a je nutné s nimi počítat. Tyto korelace vznikají z důvodů působení stejných makroekonomických vlivů na jednotlivé emitenty.

Při odhadu korelací je možné využít mnoho teoretických přístupů. Mezi nejčastěji využívané se řadí model hodnoty aktiv, odhad korelace na základě historického vývoje cen dluhových instrumentů či přímé odhadnutí korelace na základě spojených kreditních pohybů.

- Nejpoužívanější je model hodnoty aktiv, který vychází z předpokladu, že hodnota aktiva přímo ovlivňuje změnu ratingové kategorie a defaultu. Tomuto modelu je věnována samostatná kapitola, jelikož bude použit v aplikační části.
- Odhad korelace na základě historického vývoje cen dluhových instrumentů, přičemž cena dluhového instrumentu je vztažena ke kreditní události. Tento model má však jednu nevýhodu a to je nedostatečné množství dat.
- Přímé odhadnutí korelace na základě spojených kreditních pohybů je založeno na zkoumání časových řad změn ratingových hodnocení dluhopisů a jejich emitentů, jenž jsou vzájemně časově synchronizovány.

V této diplomové práci bude pro odhad korelace v modelu CreditMetricsTM aplikován vývoj cen akcií, protože tento model vychází z informací o vlastním kapitálu. Před stanovením korelace je nutné realizovat pár dílčích výpočtů dle níže uvedených vzorců.

Diskrétní výnos akcie je možné zapsat následovně:

$$R_i = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (3.20)$$

kde R_i je výnos aktiva, P_t je hodnota aktiva v čase t a P_{t-1} je hodnota aktiva v předešlém období.

Očekávaný výnos i -tého aktiva lze vyjádřit vztahem:

$$E_{(R_i)} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T R_i, \quad (3.21)$$

kde $E_{(R_i)}$ je střední hodnota výnosu a T je počet pozorování.

Očekávaný výnos portfolia se vypočte jako vážený průměr očekávaných výnosů jednotlivých aktiv. Matematický zápis je následující:

$$E_{(R_P)} = \sum_{i=1}^N E_{(R_i)} \cdot x_i = \vec{x}^T \cdot E_{(\vec{R})}, \quad (3.22)$$

kde x_i je váha i -tého aktiva v portfoliu, N je počet aktiv v portfoliu, \vec{x}^T je transponovaný vektor proměnných a $E_{(\vec{R})}$ je vektor očekávaných výnosů aktiv.

Rozptyl výnosů určitého aktiva se stanoví jako průměr součtu druhých mocnin odchylek od očekávaného výnosu daného aktiva.

$$\sigma^2(R_i) = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{i,t} - E_{(R_i)}]^2. \quad (3.23)$$

Rozptyl výnosů celkového portfolia je možné určit takto:

$$\sigma^2(R_p) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{ij} = \vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}, \quad (3.24)$$

kde x_i je podíl i -tého aktiva v portfoliu, x_j je podíl j -tého aktiva v portfoliu, \vec{x} je vektor proměnných, C je kovarianční matice a σ_{ij} je kovariance výnosů i -tého a j -tého aktiva, jenž se vypočte dle níže uvedené rovnice:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T [R_{i,t} - E_{(R_i)}] \cdot [R_{j,t} - E_{(R_j)}]. \quad (3.25)$$

Korelace, která dosahuje hodnot v intervalu $(-1;1)$, vznikne znormováním kovariance výnosů. Hodnota 1 vyjadřuje dokonalou pozitivní korelaci, naopak hodnota -1 dokonalou negativní korelaci. Korelace se určí následujícím vztahem:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}. \quad (3.26)$$

Korelace mezi jednotlivými emitenty se určí pomocí matic. (Zmeškal, 2013) Důležité je nejprve sestavit korelační matici $C (m+n; m+n)$ jednotlivých emitentů, která je dána vztahem:

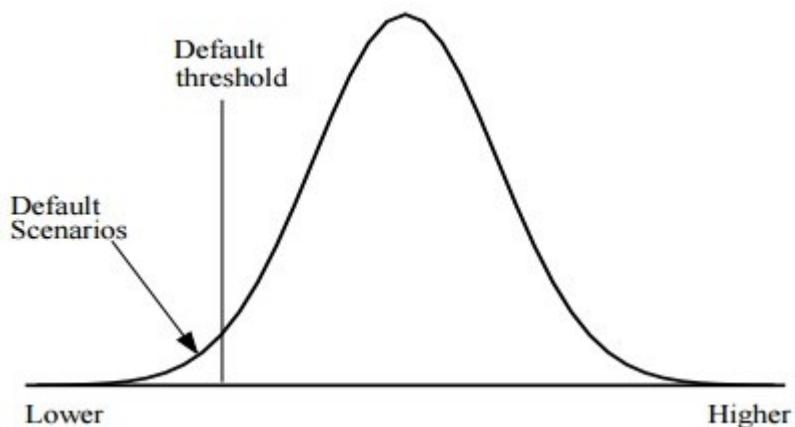
Také je nutné sestavit pomocnou matici $W (m+n; n)$ zobrazující jednotlivé dluhopisy a faktory jim přiřazené. Aby bylo možné určit konečnou matici $A(n; n)$, je potřeba transponovat matici W .

Model hodnoty aktiv

Tento model je založen na opčně teoretickém přístupu, který předpokládá, že hodnota podniku určuje její schopnost dostát svým závazkům, což má vliv i na ratingový stupeň. Od

tohoto přístupu se pak odvíjí princip procesu vývoje aktiv. Odhad sdružené pravděpodobnosti změn ratingu (včetně defaultu) je „nepřímý“, jelikož u „přímého“ odhadu by bylo nutné získat velké množství dat, což je velmi těžké. Níže uvedený Obr. 3.3 zobrazuje vliv poklesu hodnoty aktiv pod úroveň závazků, což by znamenalo, že podnik je v defaultu.

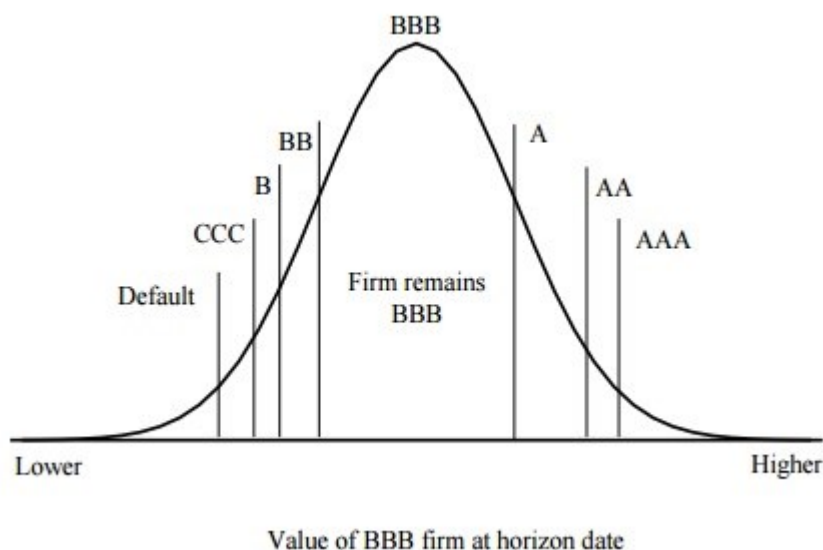
Obr. 3.3 Model hodnoty podniku s prahem defaultu



Zdroj: CreditMetricsTM – Technical document

Je zapotřebí modelovat i přechody mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi, tzn. stanovit prahy přechodu. Obr. 3.4 znázorňuje firmu, která má počáteční rating BBB a lze vyčíst, že s velkou pravděpodobností ke změně ratingového stupně nedojde. Obecně platí, čím je vzdálenost od původního ratingu větší, tím je nižší pravděpodobnost, že dojde k přechodu k jinému ratingovému stupni.

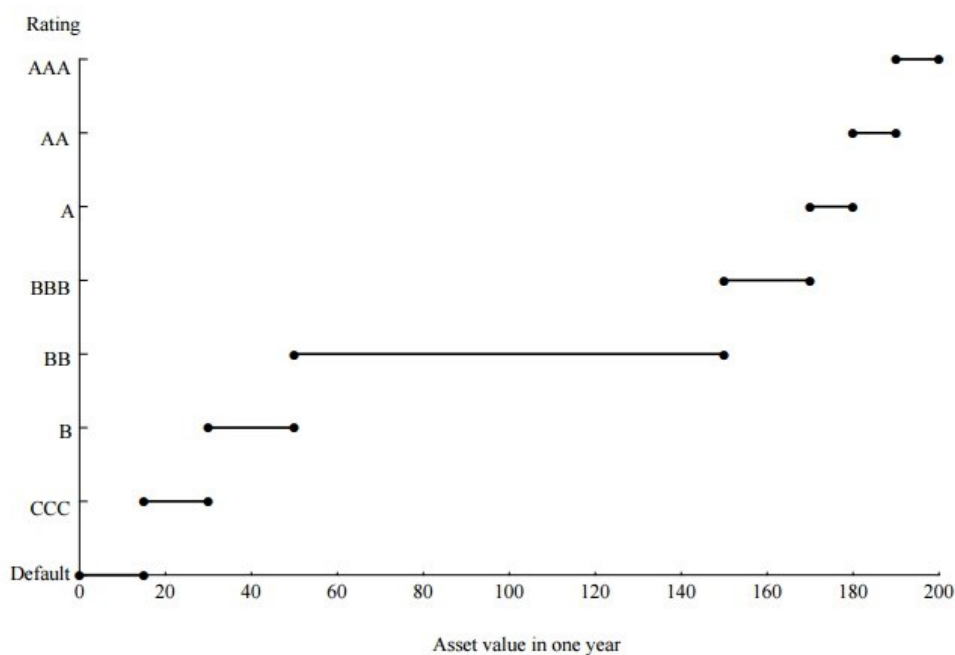
Obr. 3.4 Model hodnoty podniku a prahy přechodu mezi ratingovými kategoriemi



Zdroj: *CreditMetricsTM – Technical document*

Nyní je uveden názorný příklad vztahu mezi hodnotou podniku a jeho ratingem. Počáteční hodnota fiktivní firmy je 100 p. j. a její rating je na úrovni BB. Z Obr. 3.5 lze vyčíst, že jakákoli změna hodnoty podniku v konečném důsledku znamená i změnu ratingové kategorie. Pokud klesne hodnota podniku pod 50 p. j., signalizuje to i pokles ratingu z BB na B. Ke zlepšení ratingu z BB na BBB by došlo, pokud by hodnota podniku vzrostla nad 150 p. j.

Obr. 3.5 Změna ratingu daná změnou hodnoty aktiv



Zdroj: *CreditMetricsTM – Technical document*

Pokud jsou hraniční hodnoty podniku známy, je důležité vědět, jak velká procentní změna hodnoty je nutná pro získání jednotlivých mezí. Tyto meze lze určit pomocí střední hodnoty μ a směrodatné odchylky σ , protože změny hodnoty firmy, které jsou zapříčiněny změnou výnosů jejich akcií, patří do normálního rozdělení.

Jestliže jsou Z_{Def} , Z_{CCC} , Z_{BBB} atd. jednotlivé prahy přechodu, platí, že pokud je výnos podniku nižší než Z_{Def} , znamená to default společnosti. Pokud se však hodnota nachází v intervalu mezi Z_{Def} a Z_{BBB} , znamená to, že podnik bude ohodnocen na úrovni BBB. Takto lze určit jakoukoli ratingovou kategorii.

Pravděpodobnost, že se emitovaný dluhopis daného podniku dostane do určité ratingové kategorie lze matematicky zapsat následovně:

$$Pr(default) = Pr\{R_i < Z_{Def}\} = \Phi(Z_{Def}/\sigma). \quad (3.27)$$

Pravděpodobnost, že se dluhopis ocitne přímo v ratingové kategorii BBB je určena vztahem:

$$Pr(BBB) = Pr\{Z_{Def} < R_i < Z_{BBB}\} = \Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{Def}/\sigma). \quad (3.28)$$

Pravděpodobnosti přechodu do hlavních ratingových kategorií jsou vymezeny v *Tab. 3.1*. Uvedeny jsou také matematické zápisy pro podnik s výchozím ratingem BB.

Tab. 3.1 Pravděpodobnosti přechodu pro dlužníka s ratingem BB

Rating	Pravděpodobnost dle matice přechodu v %	Pravděpodobnost dle modelu hodnoty aktiv v %
AAA	0,03	$1 - \Phi(Z_{AA}/\sigma)$
AA	0,14	$\Phi(Z_{AA}/\sigma) - \Phi(Z_A/\sigma)$
A	0,67	$\Phi(Z_A/\sigma) - \Phi(Z_{BBB}/\sigma)$
BBB	7,73	$\Phi(Z_{BBB}/\sigma) - \Phi(Z_{BB}/\sigma)$
BB	80,53	$\Phi(Z_{BB}/\sigma) - \Phi(Z_B/\sigma)$
B	8,84	$\Phi(Z_B/\sigma) - \Phi(Z_{CCC}/\sigma)$
CCC	1,00	$\Phi(Z_{CCC}/\sigma) - \Phi(Z_{Def}/\sigma)$
Default	1,06	$\Phi(Z_{Def}/\sigma)$

Zdroj: CreditMetricsTM – Technical document

Jednotlivé meze přechodu lze samostatně stanovit dle níže uvedeného vzorce, přičemž musí být dodržena rovnice (3.27).

$$Z_i = \Phi^{-1}(p_i) \cdot \sigma, \quad (3.29)$$

kde Z_i je mez přechodu a p_i je kumulativní pravděpodobnost nabytí i -té ratingové kategorie.

Z Tab. 3.2 je možné vyčíst, jak by vypadaly meze přechodu pro hodnoty pravděpodobností z Tab. 3.1.

Tab. 3.2 Prahové hodnoty změn hodnot aktiv pro dlužníka s výchozím ratingem BB

Práh	Hodnota
Z_{AA}	3,43 σ
Z_A	2,93 σ
Z_{BBB}	2,39 σ
Z_{BB}	1,37 σ
Z_B	-1,23 σ
Z_{CCC}	-2,04 σ
Default	- 2,30 σ

Zdroj: CreditMetricsTM – Technical document

Do této chvíle byly popsány prahové hodnoty, které se týkaly pouze jednotlivých emitentů. Je důležité se také věnovat určení těchto hodnot pro celé portfolio. Nejprve je vhodné určit korelace vývoje aktiv pro všechny možné kombinace dvojic emitentů, což lze za předpokladu, že mezi výnosy aktiv jednotlivých emitentů existuje určitá korelace a změny tržních cen obou dlužníků mají normální rozdělení. Poté lze sestavit kovarianční matici dle následující vzorce:

$$\Sigma = \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \rho_{xy}\sigma_x\sigma_y \\ \rho_{xy}\sigma_x\sigma_y & \sigma_y^2 \end{vmatrix}, \quad (3.30)$$

kde ρ_{xy} je korelace mezi výnosy aktiv x a y , σ_x^2 je rozptyl výnosů aktiva x , σ_y^2 je rozptyl výnosů aktiva y .

Díky znalosti předchozího vztahu je možné stanovit vývoj aktiv dvou emitentů a za pomoci prahových hodnot lze určit i vývoj jejich ratingových ohodnocení. Při určování pravděpodobnosti, že ratingové ohodnocení dvou odlišných emitentů bude na konci sledovaného období BB respektive A, lze vyjít z předpokladu, že procentní změna obratu aktiv u prvního dlužníka dosahuje hodnot v intervalu ZB a ZBB a u druhého v intervalu ZBB a ZA a za předpokladu neexistence závislosti mezi obraty aktiv, se spojitá pravděpodobnost vypočte jako součin individuálních pravděpodobností. Pokud by však mezi obraty aktiv těchto emitentů existovala určitá závislost (korelace), spojitá pravděpodobnost by se určila dle následujícího vztahu:

$$Pr = \{Z_B < R < Z_{BB}, Z'_{BBB} < R' < Z'_A\} = \int_{Z_B}^{Z_{BB}} \int_{Z'_{BBB}}^{Z'_A} f(r, r'; \Sigma) (dr') dr, \quad (3.31)$$

kde $f(r, r'; \Sigma)$ je funkce hustoty dvourozměrného normálního rozdělení s kovarianční maticí Σ . Tato rovnice není závislá na velikosti směrodatných odchylek, jelikož volatilita je již součástí pravděpodobností změn ratingových hodnocení. Na velikost kreditního rizika má vliv pouze pravděpodobnost změn ratingových hodnocení. Výnosy aktiv lze považovat za normované, tzn., že jejich střední hodnota je nulová a směrodatná odchylka je rovna jedné. Na závěr je třeba ještě určit korelaci mezi emitenty.

Tuto korelaci je možné stanovit pomocí **Choleskeho matice**, při níž lze využít simulaci Monte Carlo při zohlednění vzájemných závislostí jednotlivých výnosů. Tato matice bere v úvahu vzájemné závislosti, jelikož generovaná náhodná veličina normovaného normálního rozdělení, která je ve formě vektoru, se stává po vynásobení touto maticí veličinou, jenž odráží vzájemný stupeň korelace výnosů jednotlivých finančních instrumentů. Matematický zápis je následovný:

$$\vec{z}^T = \vec{e}^T \cdot P, \quad (3.32)$$

kde \vec{z}^T je transponovaná oblast korelovaných náhodných veličin, \vec{e}^T je transponovaná oblast nekorelovaných náhodných veličin a P je Choleskeho matice.

Díky znalosti kovarianční matice je možné vytvořit Choleskeho matici dle níže uvedeného vztahu:

$$C = P \cdot P^T. \quad (3.33)$$

Pro stanovení dílčích prvků Choleskeho matice slouží následující rovnice:

$$p_{ii} = \left(\sigma_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki}^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (3.34)$$

$$p_{ij} = \left(\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki} \cdot p_{kj} \right) \cdot p_{ii}^{-1}, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (3.35)$$

$$p_{ij} = 0 \quad \text{pro } i > j; i, j = 1, 2, \dots, N, \quad (3.36)$$

kde p_{ii} a p_{ij} jsou jednotlivé prvky Choleskeho matice.

Simulace Monte Carlo

Simulační metoda se používá při určení kreditního rizika u portfolia, které je složené z více titulů. Analytická metoda využívaná pro menší portfolia je přesnější, ale nelze ji použít u větších portfolií. V této diplomové práci bude aplikována metoda Monte Carlo, jenž vychází ze simulace velkého počtu scénářů. Simulace má tři základní kroky:

- 1) Vygenerování náhodných scénářů, přičemž každý scénář značí možný rating na konci sledovaného období,
- 2) Přehodnocení portfolia pro jednotlivý simulovaný scénář
- 3) Rekapitulace výsledků zjištěných pomocí simulovaných scénářů a následná aplikace statistických metod pro stanovení konkrétních výsledků.

V této práci je pro účely měření kreditního rizika použit generátor pseudonáhodných čísel, který je součástí programu MS Excel. Tento generátor vytváří náhodná čísla z různých typů rozdělení. Jelikož výnosy tržních hodnot podniků vychází z normálního rozdělení, je využito pouze generování pseudonáhodných čísel z normovaného normálního rozdělení.

3.2.3 Interpretace a aplikace výsledků

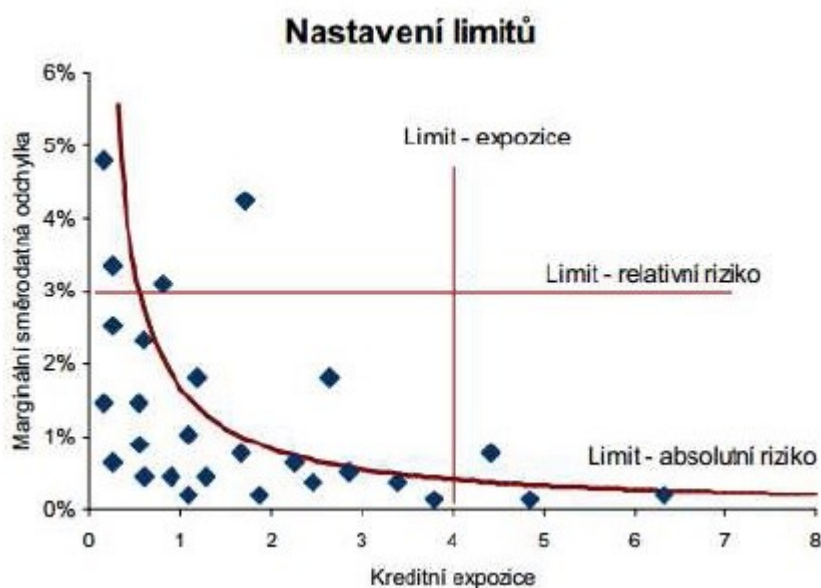
Pro prezentaci výsledků je vhodné vybrat popsané statistické nástroje, tzn., směrodatnou odchylku a percentil. Jinou alternativou může být grafické zobrazení, nejlépe však histogram, jenž velmi dobře zobrazuje rozdělení konečných hodnot portfolia i u velkého objemu náhodných scénářů. Dalším grafickým znázornění je Obr., kde je na ose x zachycena kreditní expozice a na ose y mezní směrodatná odchylka, která je vyjádřena v procentech vůči střední hodnotě dluhopisu. Hodnoty absolutního mezního rizika je dosaženo vynásobením obou těchto veličin. V obrázku by také neměla chybět křivka zobrazující stejnou míru rizika tzv., iso-risk line. Díky této křivce je možné zjistit, které dluhopisy jsou nejvíce rizikové a vedou ke zvýšení celkového rizika portfolia, jelikož se nacházejí nad touto linií. Jakmile dojde k určení výše rizika celkového portfolia i marginálního rizika jednotlivých instrumentů lze začít s redukcí rizikovosti portfolia. Možností jak toho docílit je stanovení hraničních limitů.

Typy limitů kreditního rizika

U metody CreditMetricsTM existují tři základní typy kreditních limitů, které jsou zobrazeny v Obr. 3.6.

- Omezení expozice – tento limit zamezí tomu, aby se v portfoliu nacházelo aktivum, které má vyšší expozici než je stanovený limit a to bez ohledu na kreditní kvalitu dlužníka.
- Omezení na základě relativní marginální hodnoty rizika emitenty – tento limit nepustí do portfolia aktiva, která více přispívají k celkovému riziku portfolia, než je povoleno.
- Omezení na základě absolutního příspěvku k riziku – tento limit nepustí do portfolia aktivum, které by zvětšilo celkové riziko portfolia o vyšší než stanovenou hodnotu.

Obr. 3.6 Limity kreditního rizika



Zdroj: Gronychová (2008)

Kreditní limity mohou být rozdílné, jelikož si je stanovuje každý portfolio manažer sám a ne v každé situaci znamená překročení těchto limitů nepřijetí dluhopisu. Důvodem je existence jiných forem zajištění, např. hedging pomocí kreditních derivátů. Je důležité také rozlišovat:

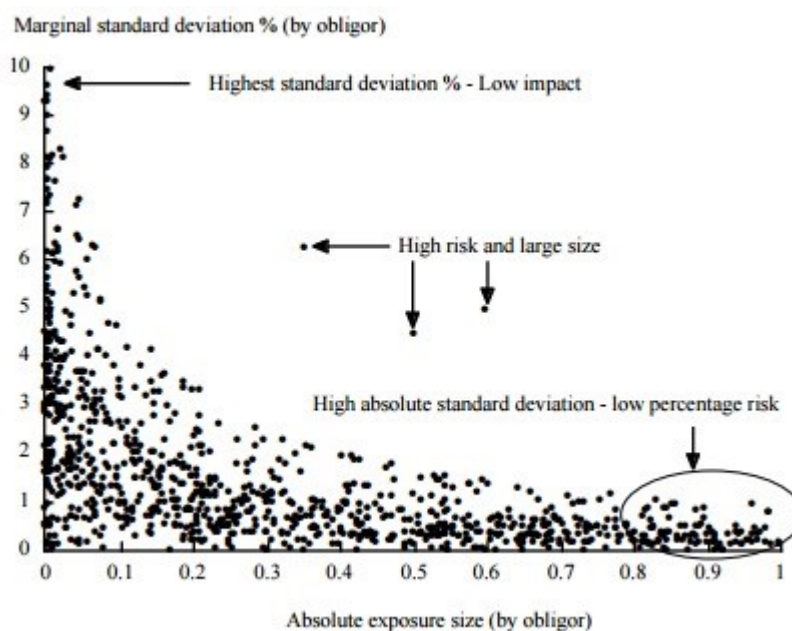
- Tvrdé limity, které mohou zamezit vstupu určitého dlužníka, regionu, odvětví nebo finančnímu instrumentu do portfolia.
- Měkké limity jsou převážně informativní a mohou potřebovat detailnější prozkoumání, popř. zajištění.

Stanovení priorit v rámci redukce kreditního rizika

Existuje řada možností jak docílit redukce kreditního rizika. Prvním krokem je snížení hodnoty dluhu vyjádřené v peněžních jednotkách. Snížit je nutné také statistickou hodnotu rizika. Problém nastává v době, kdy je potřeba z těchto dvou složek vybrat jen jednu. V této situaci se nabízí několik možných řešení:

- Redukce dlužníků s nejvyšší absolutní hodnotou dluhu (pravý dolní roh Obr. 3.7), protože dopad defaultu dlužníka v této pozici by měl největší následky,
- Redukce dlužníků s největší procentuální úrovní rizika (levý horní roh Obr. 3.7), protože tito dlužníci pravděpodobně vyvolávají největší ztráty portfolia,
- Redukce dlužníků, kteří přispívají největší absolutní částkou rizika (pravý horní roh Obr. 3.7).

Obr. 3.7 Riziko vs. Hodnota dluhu



Zdroj: CreditMetricsTM – Technical document

Z uvedeného obrázku lze vyvodit, že dlužníci s velkou procentuální úrovní rizika a zároveň s pravděpodobně vysokým očekávaným výnosem, mohou být uznáni i když nedosahují příliš vysoké expozice. Vysoká expozice je přijatelná v případě, že procentuální úroveň rizika je malá. Vyskytuje se však riziko, že se změní kreditní kvalita dlužníka. To by znamenalo, vysokou hodnotu dluhu v portfoliu a zároveň relativně vysokou absolutní úroveň rizika.

3.3 Regulační kapitálový požadavek

Již dříve bylo řečeno, že kreditní riziko je nejpodstatnější částí celkového rizika bank. Při podstupování kreditního rizika je důležité mít vhodně stanovenou výši regulačního kapitálového požadavku, tzn., že banky musí držet určitou část kapitálu na krytí tohoto kreditního rizika. Tuto skutečnost má na starost Banka pro mezinárodní platby (BIS), která vytvořila regulační pravidla známá jako Basel I, Basel II a Basel III.

3.3.1 Basel I

Basel I je první dohoda o regulaci kapitálové přiměřenosti, která byla vydána v roce 1988. Na základě této dohody měly banky vytvářet tzv. kapitálový polštář na krytí neočekávaných ztrát. Velikost kapitálu závisela na rizikovosti aktiv.

Povinnost bank vytvářet kapitálový polštář se vztahovala pouze na poskytnuté rizikové úvěry. V minulosti bylo považováno za hlavní příčinu krachu bankovních institucí právě kreditní riziko a tento kapitálový polštář sloužil pouze jako obrana proti němu. (Valová, 2010) Regulační kapitálový požadavek vůči celkovým rizikově váženým aktivům musel být minimálně ve výši 8 %.

$$CAR = \frac{C}{RVA} \geq 0,08, \quad (3.37)$$

kde CAR je kapitálová přiměřenost, C je kapitál banky a RVA jsou rizikově vážená aktiva. Kapitálový požadavek je dán následujícím vztahem:

$$KP = \frac{RVA}{12,5}. \quad (3.38)$$

Kapitál banky se členil na hlavní a zároveň nejkvalitnější kapitál (TIER 1) a dodatkový kapitál (TIER 2). Do TIER 1 se řadil základní kapitál, emisní ážio, nerozdělený zisk a rezervní fondy. Následně byl očištěn o ztrátu z běžného období a minulých let, vlastní akcie a goodwill. TIER 2 tvořily rezervy, ostatní kapitálové fondy a dlouhodobý podřízený dluh. Maximální výše TIER 2 byla do 50 % celkového kapitálu. Až v roce 1999 byl vytvořen TIER 3, do kterého se patřil krátkodobý podřízený dluh.

Výše rizikově vážených aktiv se vypočetla jako součin daného aktiv a rizikové váhy, která byla určena regulátorem.

$$RVA = \sum_i RV_i \cdot EAD_i, \quad (3.39)$$

kde RV_i je riziková váha a EAD_i je velikost expozice v době defaultu.

Následující *Tab. 3.3* zobrazuje kategorie rizikových vah, na základě kterých se stanovuje kreditní riziko (Jurošková, 2012):

Tab. 3.3 Rizikové váhy pro stanovení kreditního rizika

Kategorie	
riziková váha 0 %	Peníze, peněžní ekvivalenty, pohledávky za CB či vládami zemí OECD, státní obligace vydané zeměmi OECD
riziková váha 20 %	Pohledávky za bankami integrovanými do zemí OECD, pohledávky vůči veřejnému sektoru zemí OECD
riziková váha 50 %	Úvěry plně zajištěné zástavou nemovitostí
riziková váha 100 %	Pohledávky vůči soukromému sektoru, pohledávky za CB a vládami zemí mimo OECD

V roce 1996 proběhla modifikace Basel I, kdy ke kapitálové přiměřenosti byl přidán kapitálový požadavek na tržní riziko (KP_{MR}).

$$CAR = \frac{C}{RVA + (KP_{MR} \cdot 12,5)} \geq 0,08. \quad (3.40)$$

Basel I brala v úvahu i další rizika, ale předpokládalo se, že kapitálový požadavek na krytí kreditního a tržního rizika bude postačující na pokrytí i ostatních rizik. To bylo velkým nedostatkem Basel I. Mezi další nedostatky patří špatné nastavení rizikových vah, hlavně 0 % u zemí OECD a 100 % u všech obchodních úvěrů. Tyto váhy totiž nezohledňovaly aktuální situaci dlužníka. Nedostatkem byla také absence pravidel pro tvorbu opravných položek u nesplacených úvěrů.

3.3.2 Basel II

Jelikož Basel I obsahovala spoustu nedostatků, byla v roce 2004 vytvořena a schválena nová basilejská dohoda známá jako Basel II.

Obě dohody byly stejné ve stanovení výše požadavku kapitálové přiměřenosti, což bylo 8 %. Odlišnost Basel II spočívala v tom, že požadovala co možná nejpřesnější kvantifikaci minimálního stavu regulatorně stanoveného kapitálu ke skutečné ekonomické potřebě kapitálu, která vycházela z konkrétních rizikových aktiv banky. Basel II je založená na třech základních pilířích.

Obr 3.8 Struktura Basel II



Zdroj: Válová (2008)

Na Basel I navazuje první pilíř, který modifikuje původní systém směrnic přibližováním minimální kapitálové přiměřenosti k reálným aktuálním rizikům. Původní Basel I doplňuje o kapitálový požadavek na operační riziko a také poskytuje bankám možnost zvolit si z více metod měření rizik.

Cílem druhého pilíře je změna procesu hodnocení dostatečnosti kapitálu dané banky, který je prováděn orgánem dozoru. Také se zaměřuje na spolehlivost, kvalitu kontrolních a řídicích systému banky, navrhuje různé přístupy k řízení rizik a upozorňuje na nutnost jeho transparentnosti. Důležité je se zaměřit na velké mezinárodní banky, u kterých je kapitálová přiměřenost posuzována v rámci konsolidovaných výsledků v zemi, kde sídlí mateřská banka.

Třetí pilíř se týká zveřejňování informací a transparentnosti. Jsou stanoveny pravidla pro uveřejňování informací z různých oblastí, především metod aplikovaných při výpočtu kapitálové přiměřenosti.

Na základě Basel II se kapitálová přiměřenost spočítá následovně:

$$CAR = \frac{C}{(KP_{CR} + KP_{MR} + KP_{OR}) \cdot 12,5} \geq 0,08, \quad (3.41)$$

kde KP_{CR} je kapitálový požadavek na kreditní riziko (credit risk), KP_{MR} je kapitálový požadavek na tržní riziko (market risk), KP_{OR} je kapitálový požadavek na operační riziko (operational risk). Předcházející rovnici je možné upravit tak, aby zahrnovala rizikově vážená aktiva.

$$CAR = \frac{C}{RVA + (KP_{MR} + KP_{OR}) \cdot 12,5} \geq 0,08. \quad (3.42)$$

Velikost rizikově vážených aktiv lze v rámci Basel II určit dvěma způsoby, a to použitím standardizované (základní) metody nebo pomocí přístupu, který vychází z interního ratingu (pokročilá metoda).

Standardizovaná metoda

Metoda vychází z Basel I, kdy banka uděluje rizikové váhy pohledávkám klientů na základě objektivních znaků. Nyní však bere v úvahu externí ratingy klientů stanovené externími ratingovými agenturami. V Basel I měly pohledávky za soukromým sektorem přiřazenou rizikovou váhu 100 %. Po zavedení Basel II jsou váhy více členité, tzn., mohou dosahovat 20 %, 50 %, 100 % dokonce i 150 %. Souhrn rizikových vah podle jednotlivých ratingových kategorií zobrazuje níže uvedená Tab. 3.4.

Tab. 3.4 Rizikové váhy dle emitenta a ratingové kategorie

S&P	Vláda a CB (%)	Veřejný sektor (%)	Banky (%)	Obchodní společnosti (%)
AAA až AA-	0	20	20	20
A+ až A-	20	50	50	50
BBB+ až BBB-	50	100	100	100
BB+ až BB-	100	100	100	100
B+ až B-	100	150	150	150
pod B-	150	150	150	150
nehodnoceno	100	100	100	100

Zdroj: Banka pro mezinárodní platby

Byl odstraněn nedostatek Basel I, který přiřazoval zemím v rámci OECD rizikovou váhu 0 % a to bez ohledu na délku členství či ekonomickou výkonnost země.

Také Basel II měl své nedostatky. Nejvíce diskutovaným byl přesun odpovědnosti za veřejnou regulaci na externí ratingové agentury, které z důvodu globální finanční krize podléhaly silné kritice, a také se snížila jejich důvěryhodnost. Ratingové agentury se bránily tím, že jejich hodnocení je pouze doporučení pro investory a měl by to být jeden z několika faktorů při investičním rozhodování.

Metoda založená na interním ratingu

Podstatou této metody je možnost, že banka může predikovat všechny prvky sama. Tento přístup je dále členěn na základní metodu, kdy banka určuje odhady defaultu dlužníka, a na pokročilou metodu, u které banka tvoří vlastní model pro odhad všech důležitých veličin.

Použití této pokročilé metody musí být povoleno regulátorem a musí splňovat spoustu kritérií. Jedním z kritérií je vytvořit dostatek ratingových tříd, aby bylo dostatečně diverzifikováno riziko. Pro běžné úvěry je potřeba vytvořit 6 – 9 ratingových tříd, pro ostatní úvěry musí být minimálně 2 třídy. Tento systém musí být také dokonale transparentní, dále musí mít jednoznačně určený dohled, být pravidelně a především nezávisle kontrolován. Pokud banka vyhoví všem stanoveným požadavkům, může hodnotit:

- Ztrátu způsobenou defaultem (LGD) – v případě standardizované metody je stanovena ve výši 45 %, u podřízeného dluhu 75 %,
- Expozici v době defaultu (EAD) – u standardizované metody se rovná hodnotě nesplacených pohledávek, které jsou sníženy o opravné položky,
- Splatnost úvěru (M) – běžný limit je 2,5 roku.

Dále si banka může určit, jak bude nakládat s garancemi či kreditními deriváty.

U metody založené na vnitřním ratingu se rizikově vážená aktiva vypočítají dle níže uvedeného vzorce:

$$RVA = KP \cdot 12,5 \cdot EAD, \quad (3.43)$$

kde KP je kapitálový požadavek, který se stanoví dle vztahu:

$$KP = \left[LGD \cdot N \left[(1 - R)^{-0,5} \cdot G(PD) + \left(\frac{R}{1 - R} \right)^{0,5} \cdot G(0,999) \right] - PD \cdot LGD \right] \cdot (1 - 1,5 \cdot b)^{-1} \cdot (1 + (M - 2,5) \cdot b), \quad (3.44)$$

kde LGD je ztráta z úvěru při defaultu, N je distribuční funkce normovaného normálního rozdělení, G je inverzní funkce k distribuční funkci normovaného normálního rozdělení, PD je pravděpodobnost defaultu, M je splatnost pohledávky a b je koeficient zohledňující M , který se vypočte dle vzorce:

$$b = [0,11852 - 0,05478 \cdot \ln(PD)]^2. \quad (3.45)$$

Také je potřeba stanovit výši korelace (R), která se určí následovně:

$$R = \frac{0,12 \cdot [1 - EXP \cdot (-50 \cdot PD)]}{1 - EXP \cdot (-50)} + 0,24 \frac{1 - [1 - EXP \cdot (-50 \cdot PD)]}{1 - EXP \cdot (-50)}, \quad (3.46)$$

kde PD je pravděpodobnost defaultu.

Důležité je také zajištění, které vychází z LGD .

$$LGD^* = MAX \left[0; LGD \left(\frac{E^*}{E} \right) \right], \quad (3.47)$$

kde E je současná hodnota expozice a E^* je hodnota po zajištění.

3.3.3 Basel III

Basel III vznikl v roce 2010 jako reakce na globální finanční krizi. Tato dohoda upravuje kvalitu i výši regulatorního kapitálu, lépe kryje podstupovaná rizika a vytváří pravidla pro stanovení likvidity.

Podle Černého (2010) působení některých pravidel došlo až ke zhoršení stability finančního systému a regulátoři tyto pravidla narychlo pozměnili, aniž by domysleli možné důsledky. Právě tyto nedostatky se Basel III pokouší odstranit. Tato nová dohoda způsobila i řadu změn, které podle Laušamanové (2011) spočívají v posílení kapitálu bank, přičemž důraz je kladen na kvalitu a hodnotu kapitálu, v stanovení standardů likvidity. V „dobrých“ časech dochází ke tvorbě kapitálových polštářů, kterou mohou být použity v krizových situacích. Mezi další změny se řadí mnohem lepší pokrytí rizik nebo zlepšení procesu dohledu či tržní disciplíny se zaměřením na obchodní činnosti. Basel III zvyšuje požadavky jak na kvalitu vlastního kapitálu, tak i na jeho výši. Důležité je od vlastního kapitálu odečíst daňové pohledávky, jež vyplývají z dřívějších účetních ztrát, dále reálnou hodnotu dluhopisů určených k prodeji, goodwill a menšinový podíl. Regulace v rámci Basel III postupně probíhá od roku 2013 a bude pokračovat pozvolným tempem až do roku 2019.

Novinkou Basel III je zavedení dvou kapitálových polštářů, které mají doplnit požadavek na kapitálovou přiměřenost. Výše prvního tj. kapitálového konzervačního polštáře by měla dosahovat 2,5 % a jeho cílem je zajistit pokrytí, jestliže dojde k vyšším ztrátám v období ekonomických nebo finančních potíží. Dalším zavedeným polštářem je tzv. proticyklický polštář, jehož cílem je zabezpečit bankovní sektor vůči nepříznivé hospodářské situaci. O výši toho proticyklického polštáře rozhoduje regulátor a jeho velikost se může pohybovat od 0 % - 2,5 %. Pokud nedojde k vytvoření těchto dvou polštářů, budou omezeny práva akcionářů na rozdělení zisku.

Dále Basel III zvyšuje kapitálový požadavek u obchodního portfolia, dochází ke zvýšení krytí rizik u sekuritizovaných transakcí. Také reguluje pákový poměr (lverage ratio), jenž by měl omezit přebytkovou expanzi bankovních aktiv, protože poměr mezi původním kapitálem a celkovou expozicí jak rozvahových tak podrozvahových aktiv by měl dosahovat minimálně 3 %. Pákový poměr se využívá především v době ekonomického boomu, kdy jsou rizika velmi podceňována. (Jurošková, 2012)

Basel III také zavádí nové ukazatele likvidního krytí. Tyto ukazatele slouží k tomu, aby banky držely určité množství velmi kvalitních aktiv a to ve výši, která je nutná na pokrytí

hotovosti minimálně na 30 dní. Objem těchto kvalitních aktiv se zjistí pomocí ukazatele liquidity coverage ratio. U dalšího ukazatele čistého stabilního financování je žádoucí, aby zásoba stabilních pasiv převyšovala hodnotu aktiv, jež nelze snadno proměnit na peníze v průběhu jednoho roku. Následující *Tab. 3.5* ukazuje jednotlivé rozdíly mezi Basel II a Basel III.

Tab. 3.5 Srovnání Basel II a Basel III

	Basel II	Basel III
Kapitálová přiměřenost	8 %	10,5 % (až 13 %)
Proticyklický polštář	-	2,5 %
TIER 1	4 %	8,5 %
TIER 2	4 %	2 %
Ukazatele likvidity NSFR, LR, LCR	-	ano

Banky by také neměly tolik spoléhat na externí rating. Při hodnocení rizikovosti aktiv by měly spíše využívat své metody interního ratingu. Navíc Basel III zpřísňuje kritéria způsobilosti ratingových agentur.

4. Stanovení kreditního rizika vybranými metodami

V této kapitole bude provedena komparace a následné zhodnocení metod pro stanovení kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika. Srovnání proběhne u přístupů, které vychází z Basilejských dohod o kapitálově přiměřenosti a u modelu CreditMetricsTM. Velikost regulatorního kapitálu na krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika bude stanovena metodami vyplývajících z Basel I, Basel II a Basel III a velikost ekonomického kapitálu bude určena pomocí modelu CreditMetricsTM.

Nejprve budou uvedena a charakterizována vstupní data i portfolio, které bude použito ke komparaci metod. Na základě standardního přístupu (SA) a základní metody vnitřních ratingů (FIRB) budou realizovány výpočty velikosti regulatorního kapitálu. Poté dojde k aplikaci modelu CreditMetricsTM a stanovení ekonomického kapitálu. Na konci kapitoly budou výsledky srovnány.

Cílem této diplomové práce je na portfoliu dluhových aktiv stanovit a porovnat velikosti kapitálového požadavku pro krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika dle Basilejských dohod a ekonomického kapitálu dle metodologie CreditMetricsTM.

4.1 Vstupní data

Portfolio, které slouží ke srovnání metod výpočtu kapitálu nutného pro krytí neočekávané ztráty, je složeno z deseti dluhových aktiv. Tyto dluhopisy jsou obchodovány na Frankfurt Stock Exchange (FSE) v celkové nominální hodnotě 10 mil. €. Aby nedošlo ke zkreslení z důvodu vysoké nominální hodnoty některých dluhopisů, každý dluhopis má shodnou celkovou nominální výši 1 mil. €. Další informace o vybraných dluhopisech je možné nalézt na webových stránkách frankfurtské burzy. Podstatnými informacemi jsou především nominální hodnota, velikost kupónu, datum splatnosti, tržní cena a rating. Tyto základní informace jsou shrnuty v *Tab. 4.1*.

Tab. 4.1 Základní informace o jednotlivých dluhopisech

Název	Rating	Kupón	NH	Splatnost	Tržní cena	Ks
Commerzbank	BBB+	4,000 %	1 000	3/2026	101,10 %	1000
ArcelorMittal	BB	3,000 %	100 000	3/2019	104,15 %	10
Bayer	A-	1,875 %	1 000	1/2021	107,46 %	1000
Lufhansa	BBB-	1,125 %	1 000	9/2019	102,21 %	1000
Renault	BBB-	3,125 %	1 000	3/2021	112,44 %	1000
Allianz Finance IIBV	A+	4,750 %	50 000	7/2019	113,65 %	20
Vodafone Group	AA	5,375 %	50 000	6/2022	128,15 %	20
Siemens	BBB+	5,625 %	1 000	6/2018	110,03 %	1000
OMV	A-	4,375 %	1 000	2/2020	114,83 %	1000
ČEZ AS	A-	4,875 %	50 000	4/2025	132,24 %	20

Zdroj: FSE

Z Tab. 4.1 lze vyčíst, že všechny dluhopisy jsou vydány v eurech (€), přičemž jejich nominální hodnota je v rozmezí od 1 tisíce € do 100 tisíc €. Rating jednotlivých dluhopisů byl zjištěn od ratingové agentury Standard & Poor's (S&P). Dluhopisy jsou emitovány velkými společnostmi, čemuž odpovídá i vysoké ratingové ohodnocení.

Aby bylo možné stanovit výši kapitálového požadavku, je nutné znát pravděpodobnosti defaultu jednotlivých dluhopisů podle ratingového stupně. Tyto pravděpodobnosti jsou získány na základě přechodové matice pro evropské společnosti, jenž vydává ratingová agentura Standard & Poor's. V následující Tab. 4.2 jsou právě tyto pravděpodobnosti uvedeny.

Tab. 4.2 Pravděpodobnost defaultu pro jednotlivé ratingové stupně

Rating	PD	Rating	PD
AAA	0,0007 %	BBB-	0,7117 %
AA+	0,0024 %	BB+	0,2730 %
AA	0,0022 %	BB	1,2581 %
AA-	0,0044 %	BB-	2,9500 %
A+	0,0142 %	B+	4,1917 %
A	0,2020 %	B	8,8480 %
A-	0,1075 %	B-	21,4180 %
BBB+	0,2045 %	CCC	48,6188 %
BBB	0,2747 %		

Zdroj: Standard & Poor's

Jelikož všechny dluhopisy mají stupeň seniority Senior Unsecured a míra návratnosti, která činí 51,13 %, je zjištěna ze studie Cartyho & Liebermana, je podle (2.1) stanoveno LGD ve výši 48,87 %.

4.2 Výpočet kreditního rizika dle Basel I, II a III

V této podkapitole je pomocí metod, které vyplývají z Basilejských dohod, určena výše regulatorního kapitálového požadavku pro krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika. Metodologie výpočtu již byla popsána v podkapitole 3.3.

Nejprve je stanovena velikost regulatorního kapitálového požadavku dle Basel I. Jednotlivým dluhopisům jsou přiřazeny rizikové váhy, poté je určena velikost rizikově vážených aktiv podle (3.39). Nakonec je podle (3.38) stanovena velikost kapitálového požadavku. Výsledky jsou zapsány v následující *Tab. 4.3*.

Tab. 4.3 Regulatorní kapitálový požadavek na kreditní riziko dle Basel I

Dluhopis	RV	RVA v €	KP v €
Commerzbank	0,2	200 000	16 000
ArcelorMittal	1	1 000 000	80 000
Bayer	1	1 000 000	80 000
Lufhansa	1	1 000 000	80 000
Renault	1	1 000 000	80 000
Allianz Finance IIBV	1	1 000 000	80 000
Vodafone Group	1	1 000 000	80 000
Siemens	1	1 000 000	80 000
OMV	1	1 000 000	80 000
ČEZ AS	1	1 000 000	80 000
Celkem	-	9 200 000	736 000

Z výsledků *Tab. 4.3* lze vyčíst velký nedostatek Basel I, kterým je nezohlednění kreditní způsobilosti dlužníka. Všem dluhopisům, s výjimkou Commerzbank, je přidělena riziková váha 1. Celková hodnota rizikově vážených aktiv je 9,2 mil. € a regulatorní kapitálový požadavek je 736 tis. €.

Nyní je stanovena velikost kapitálového požadavku dle Basel II pomocí standardního přístupu, přičemž postup výpočtu je shodný s předchozím. Výsledky jsou uvedeny v *Tab. 4.4*.

Tab. 4.4 Regulační kapitálový požadavek na kreditní riziko dle Basel II – SA

Dluhopis	RV	RVA v €	KP v €
Commerzbank	1	1 000 000	80 000
ArcelorMittal	1	1 000 000	80 000
Bayer	0,5	500 000	40 000
Lufhansa	1	1 000 000	80 000
Renault	1	1 000 000	80 000
Allianz Finance IIBV	0,5	500 000	40 000
Vodafone Group	0,2	200 000	16 000
Siemens	1	1 000 000	80 000
OMV	0,5	500 000	40 000
ČEZ AS	0,5	500 000	40 000
Celkem	-	7 200 000	576 000

V rámci Basel II je odstraněn hlavní nedostatek Basel I, tzn., že velikost rizikových aktiv je odvozena od kreditní způsobilosti dlužníka. U některých dluhopisů lze vidět změnu rizikové váhy a tím pádem došlo ke snížení celkové velikosti rizikově vážených aktiv o 2 mil. €. U regulačního kapitálového požadavku také došlo ke snížení cca o 22 %.

Dále je stanovena velikost kapitálového požadavku také v rámci Basel II, ale za použití základní metody vnitřních ratingů. Podle (3.43) jsou určena rizikově vážená aktiva a kapitálový požadavek je stanoven podle (3.44). Výsledky zachycuje následující Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Regulační kapitálový požadavek na kreditní riziko dle Basel II – FIRB

Dluhopis	RVA v €	KP v €
Commerzbank	482 445	38 596
ArcelorMittal	1 084 655	86 772
Bayer	335 933	26 875
Lufhansa	880 161	70 413
Renault	880 161	70 413
Allianz Finance IIBV	100 259	8 021
Vodafone Group	38 057	3 045
Siemens	482 445	38 596
OMV	335 933	26 875
ČEZ AS	335 933	26 875
Celkem	4 955 982	396 479

Tato základní metoda vnitřních ratingů by měla přimět banky, aby využívaly sofistikovanější metody při výpočtu kapitálového požadavku, které více berou v úvahu podstupované riziko. Metoda vnitřních ratingů je citlivější a daleko více zohledňuje kvalitu

portfolia, tzn., že u portfolia složeného z kvalitních aktiv dojde k poklesu kapitálového požadavku a naopak. Například u dluhopisu firmy Siemens za použití této metody klesl kapitálový požadavek o 48 %. Hodnota regulatorního kapitálu v rámci celého portfolia se snížila o 179 521 €.

Dále je určena velikost kapitálového požadavku dle Basel III pomocí standardního přístupu. Postup je shodný s Basel II, akorát nyní je kapitálová přiměřenost ve výši 10,5 %. Tuto hodnotu lze zvýšit o tzv. proticyklický polštář ve výši 2,5 %, kdy celková kapitálová přiměřenost může dosahovat až 13 %. V rámci práce se s tímto proticyklickým polštářem nepracuje. Výsledky jsou zobrazeny v následující Tab. 4.6.

Tab. 4.6 Regulatorní kapitálový požadavek na kreditní riziko dle Basel III – SA

Dluhopis	RV	RVA v €	KP v €
Commerzbank	1	1 000 000	105 000
ArcelorMittal	1	1 000 000	105 000
Bayer	0,5	500 000	52 500
Lufhansa	1	1 000 000	105 000
Renault	1	1 000 000	105 000
Allianz Finance IIBV	0,5	500 000	52 500
Vodafone Group	0,2	200 000	21 000
Siemens	1	1 000 000	105 000
OMV	0,5	500 000	52 500
ČEZ AS	0,5	500 000	52 500
Celkem	-	7 200 000	756 000

Z Tab. 4.6 lze vyčíst, že celková velikost rizikově vážených aktiv je stejná jako u Basel II – SA (Tab. 4.4). Přitom velikost kapitálového požadavku je o 180 tis. € vyšší, což je zapříčiněno zvýšením minimálního kapitálového požadavku na kapitálovou přiměřenost o 2,5 p.b.

Nyní je velikost regulatorního kapitálového požadavku určena dle Basel III pomocí základní metody vnitřních ratingů. Postup výpočtu je stejný jako u Basel II, přičemž je také jako u standardního přístupu zvýšen požadavek na minimální kapitálovou přiměřenost na 10,5 %. Výsledky zachycuje následující Tab. 4.7.

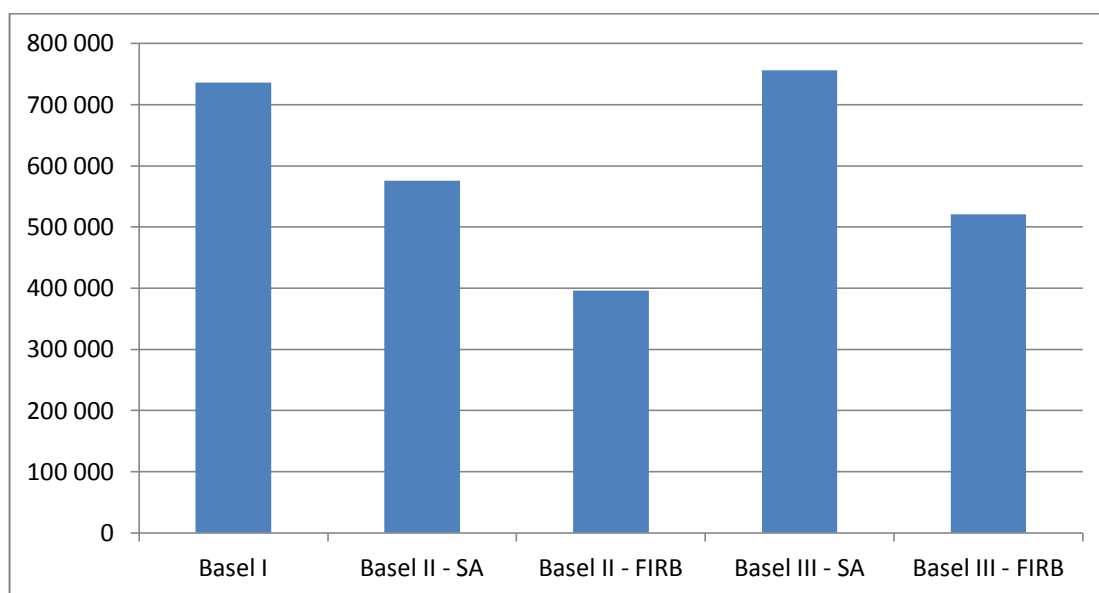
Tab. 4.7 Regulační kapitálový požadavek na kreditní riziko dle Basel III – FIRB

Dluhopis	RVA v €	KP v €
Commerzbank	633 209	50 657
ArcelorMittal	1 423 610	113 889
Bayer	440 912	35 273
Lufhansa	1 115 211	92 417
Renault	1 115 211	92 417
Allianz Finance IIBV	131 590	10 527
Vodafone Group	49 950	3 996
Siemens	633 209	50 657
OMV	440 912	35 273
ČEZ AS	440 912	35 273
Celkem	6 504 726	520 378

Z Tab. 4.7 lze vyčíst, že při použití základní metody vnitřních ratingů u Basel III, je úspora vůči standardnímu přístupu ještě vyšší, než u Basel II. Hodnota regulačního kapitálového požadavku klesla o 235 622 € oproti standardnímu přístupu.

V níže uvedeném Grafu 4.1 jsou zobrazeny všechny regulační kapitálové požadavky vypočtené podle jednotlivých dohod a metod. Je zřejmé, že pro banky je vhodnější využívat sofistikovanější metody k výpočtu regulačního kapitálu.

Graf 4.1 Výše regulačního kapitálového požadavku na kreditní riziko dle Basel I, II a III



4.3 Výpočet kreditního rizika dle CreditMetrics™

V této podkapitole je stanovena velikost kreditního rizika dle modelu CreditMetrics™. Pro odvození kovarianční a korelační matice je potřeba nejprve vypočíst výnosy. Poté budou pomocí forwardových výnosových křivek, které vycházejí z přechodové matice stanoveny hodnoty dluhopisů pro každý ratingový stupeň. Přechodová matice bude také využita pro odvození mezi přechodu mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi. Posléze bude provedena simulace Monte Carlo, kdy bude vygenerováno 25 000 náhodných výnosů pro jednotlivé dluhopisy. Korelované hodnoty výnosů budou určeny jako součin těchto náhodných výnosů a Choleskeho matice. Na základě mezi přechodu bude každému výnosu přiřazena ratingová kategorie a podle tohoto ratingu získá každý dluhopis svou příslušnou hodnotu. Hodnota celého portfolia bude určena jako součet hodnot jednotlivých dluhopisů.

4.3.1 Odhad korelace mezi emitenty dluhopisů

Aby bylo možné odhadnout korelaci mezi jednotlivými emitenty, musí se vycházet z tržních cen akcií jednotlivých emitentů. Vybrány jsou akcie za jednotlivé obchodní dny v období od 1. 1. 2016 do 1. 1. 2017.

Prvním krokem je určení výnosů jednotlivých akcií dle (3.20). Dále je stanovena kovariance a korelace mezi těmito výnosy. Kovariance je zjištěna pomocí analytického nástroje MS Excel - Data/ Analýza dat/ Kovariance. Výsledky jsou obsaženy v Příloze 3. Podobným způsobem, ale s použitím nástroje Korelace je dopočítána i korelace, přičemž výsledky jsou zobrazeny v korelační matici, kterou představuje Tab. 4.8.

Tab. 4.8 Korelace mezi jednotlivými emitenty

	Comm.	Arcelor Mittal	Bayer	Lufth.	Renault	Allianz	Vodaf.	Siem.	OMV	ČEZ
Comm.	1	0,42	0,52	0,55	0,35	0,7	0,56	0,63	0,5	0,21
Arcelor Mittal	0,42	1	0,3	0,31	0,39	0,39	0,22	0,42	0,44	0,17
Bayer	0,52	0,30	1	0,43	0,4	0,65	0,52	0,69	0,41	0,16
Lufth.	0,55	0,31	0,43	1	0,40	0,56	0,40	0,47	0,27	0,14
Renault	0,35	0,39	0,40	0,40	1	0,44	0,12	0,44	0,33	0,18
Allianz	0,70	0,39	0,65	0,56	0,44	1	0,59	0,77	0,53	0,25
Vodaf.	0,56	0,22	0,52	0,40	0,12	0,59	1	0,54	0,40	0,27
Siem.	0,63	0,42	0,69	0,47	0,44	0,77	0,54	1	0,58	0,25
OMV	0,50	0,44	0,41	0,27	0,33	0,53	0,40	0,58	1	0,27
ČEZ	0,21	0,17	0,16	0,14	0,18	0,25	0,27	0,25	0,27	1

Z Tab. 4.8 lze vyčíst, že největší závislost ve výši 0,77 je mezi společnostmi Allianz a Siemens. I mezi dalšími podniky lze najít vyšší hodnoty korelací. Důvodem může být, že společnosti podnikají ve stejném odvětví či ve stejném regionu.

4.3.2 Stanovení hodnoty dluhopisů

V modelu je velmi důležité určit současnou hodnotu dluhopisu, pro jejíž výpočet je nutné znát jednotlivé výnosové křivky. Popis, jak se provádí konstrukce výnosové křivky je v podkapitole 3.2.2. Aby bylo možné sestavit výnosovou křivku, je nutné vytvořit víceleté přechodové matice, které se získají umocněním jednoleté matice přechodu požadovaným exponentem. Také je nutné znát bezrizikovou sazbu, pravděpodobnost defaultu a míru návratnosti. V posledním sloupci jednotlivých víceletých matic jsou vždy zachyceny jednotlivé pravděpodobnosti defaultu. Míra návratnosti je určena dle Cartyho a Liebermana ve výši 51,13 %. Bezriziková sazba představuje hodnoty IRS, které jsou zjištěny z internetových stránek Erste Group. Lze tak dopočítat forwardové sazby podle (3.15). Následující Tab. 4.9 zobrazuje spotové i forwardové sazby.

Tab. 4.9 Spotové sazby (IRS) a forwardové sazby (f_n^F) pro období 2016 – 2026 v %

Rok	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IRS	-0,22	-0,16	-0,07	0,02	0,14	0,27	0,40	0,53	0,66	0,77	0,88
f_n^F	-0,22	-0,10	0,11	0,27	0,66	0,90	1,18	1,46	1,67	1,82	1,91

Zdroj: Erste Group

Na základě zjištěných vstupních dat lze podle (3.19) dopočítat výnosové křivky pro dluhopisy dle všech splatností a ratingů.

Na základě zjištěných forwardových výnosových křivek je možné podle (3.11) určit současnou hodnotu dluhopisů dle jednotlivých ratingových kategorií. Výsledky zobrazuje Tab. 4.10.

Tab. 4.10 Současná hodnota dluhopisů dle ratingových kategorií v €

Dluhopis	Comm.	Arcelor Mittal	Bayer	Lufth.	Renault	Allianz	Vodaf.	Siem.	OMV	ČEZ
AAA	1 220	110 886	1 058	1 335	1 132	58 934	64 384	1 165	1 184	64 658
AA+	1 220	110 877	1 058	1 335	1 132	58 929	64 371	1 165	1 184	64 635
AA	1 200	110 877	1 058	1 335	1 132	58 930	64 371	1 165	1 184	64 633
AA-	1 219	110 866	1 058	1 334	1 132	58 924	64 357	1 165	1 184	64 609
A+	1 218	110 836	1 057	1 333	1 131	58 908	64 326	1 165	1 184	64 566
A	1 215	110 656	1 055	1 330	1 129	58 814	64 193	1 163	1 182	64 408
A-	1 215	110 709	1 055	1 330	1 129	58 842	64 208	1 164	1 182	64 402
BBB+	1 211	110 524	1 053	1 325	1 127	58 746	64 046	1 163	1 180	64 197
BBB	1 207	110 371	1 051	1 322	1 124	58 666	63 906	1 161	1 178	64 023
BBB-	1 200	109 918	1 046	1 314	1 119	58 428	63 581	1 157	1 173	63 654
BB+	1 200	110 073	1 046	1 313	1 119	58 512	63 603	1 159	1 174	63 639
BB	1 186	109 088	1 035	1 298	1 108	57 995	62 933	1 150	1 162	62 921
BB-	1 148	106 890	1 008	1 258	1 079	56 845	61 231	1 132	1 136	60 989
B+	1 127	105 036	988	1 235	1 058	55 876	60 058	1 115	1 115	59 837
B	1 079	100 595	944	1 182	1 012	53 536	57 452	1 072	1 067	57 282
B-	924	87 109	809	1 014	868	46 434	49 360	940	919	49 139
CCC	747	69 261	650	818	697	36 888	39 676	740	735	39 642
D	511	51 130	511	511	511	25 565	25 565	511	511	25 565

Hodnota dluhopisu při výchozím ratingu je vždy vyznačena žlutou barvou a je vypočtena jako součin míry návratnosti a velikosti expozice. Lze si všimnout, že při klesajícím ratingu se snižuje i současná hodnota dluhopisu.

4.3.3 Simulace hodnoty portfolia

U simulační metody Monte Carlo je důležité nejdříve vygenerovat náhodné výnosy. K tomu slouží nástroj MS Excel – Data/ Analýza dat/ Generátor pseudonáhodných čísel. V této práci je vygenerováno 25 000 náhodných výnosů pro každý dluhopis, které pocházejí z normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$.

Při simulaci je důležité brát v úvahu vzájemné závislosti mezi jednotlivými emitenty. Toho lze dosáhnout s použitím horní trojúhelníkové Choleskeho matice, kterou zobrazuje následující Tab. 4.11.

Tab. 4.11 Choleskeho dekompoziční matice

	Comm.	Arcelor Mittal	Bayer	Lufth.	Renault	Allianz	Vodaf.	Siem.	OMV	ČEZ
Comm.	1,0000	0,4276	0,3760	0,2368	0,3845	0,2500	0,4213	0,2331	0,3535	0,3572
Arcelor Mittal	0	0,9040	0,3605	0,3619	0,2160	0,1888	0,3112	0,2532	0,4314	0,2788
Bayer	0	0	0,8536	-0,0038	0,0796	-0,0669	0,1957	0,0058	0,1852	0,1917
Lufth.	0	0	0	0,9016	0,1538	0,1589	0,0114	0,6499	0,1394	0,2230
Renault	0	0	0	0	0,8806	0,0692	0,0588	-0,0246	0,0921	0,1056
Allianz	0	0	0	0	0	0,9313	0,0720	0,0612	0,0879	0,1325
Vodaf.	0	0	0	0	0	0	0,8238	-0,0835	0,0746	-0,0889
Siem.	0	0	0	0	0	0	0	0,6692	-0,0366	0,0398
OMV	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7823	0,0177
ČEZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8184

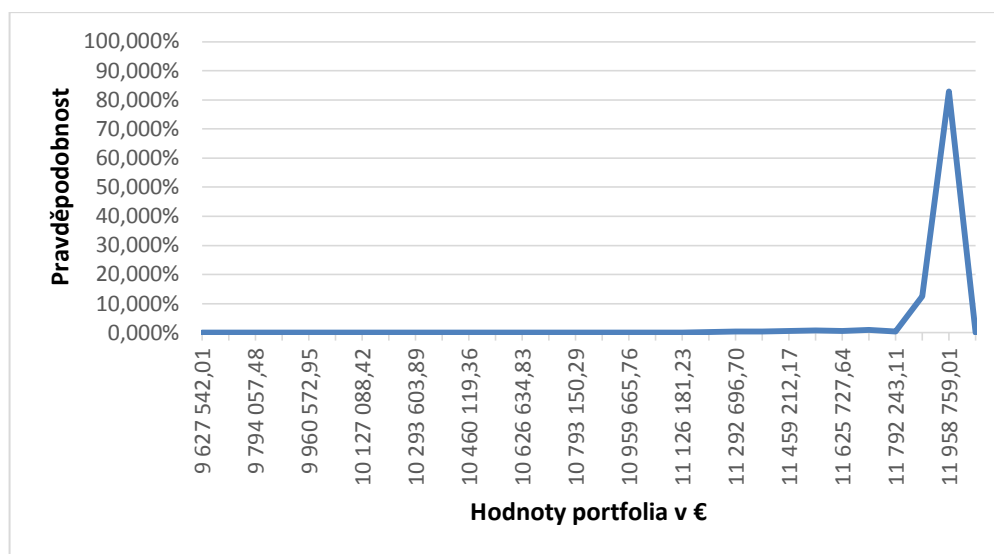
Dílčí prvky Choleskeho matice jsou zjištěny pomocí (3.34), (3.35), (3.36). Tato matice umožňuje zohlednit vzájemné závislosti, jelikož generovaná náhodná veličina normovaného normálního rozdělení, která je ve formě vektoru, se po vynásobení touto maticí stává veličinou, jenž odráží vzájemný stupeň závislosti výnosů jednotlivých emitentů.

Dříve než budou jednotlivým korelovaným výnosům přidělena ratingová hodnocení, je nutné stanovit meze přechodu mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi. Tento postup je popsán v podkapitole 3.2.2. Poté je možné pomocí funkce KDYŽ v MS Excel přidělit jednotlivým korelovaným výnosům rating s přihlédnutím na předchozí rating. Po přiřazení ratingů a při znalosti současné hodnoty dluhopisů (viz. Tab. 4.10) je opět použita funkce KDYŽ pro zjištění hodnoty jednotlivých dluhopisů. Tyto hodnoty se vynásobí počtem kusů dluhopisů, které jsou zahrnuty v portfoliu a je tak určena celková hodnota dluhopisů dle jednotlivých emitentů. Hodnota celého portfolia je stanovena jako součet celkových hodnot dluhopisů v rámci jednotlivých scénářů.

4.3.4 Výpočet kreditního rizika

Jelikož jsou určeny všechny podstatné veličiny, lze stanovit kreditní riziko zkoumaného portfolia. Níže uvedený *Graf 4.1* zobrazuje rozdělení pravděpodobností hodnoty portfolia.

Graf 4.1 Rozdělení pravděpodobnosti portfolia



Z Grafu 4.1 je patrné, že hodnota portfolia se bude s pravděpodobností 82,8 % pohybovat od 11 792 243 € do 11 958 759 €. Kreditní riziko je typické nesymetrickým rozdělením a tzv. těžkými konci, tudíž s velkou pravděpodobností budou závazky splaceny a naopak s nízkou pravděpodobností dojde k vysokým ztrátám. Nejnižší možná hodnota, které může portfolio dosahovat je 9 627 542 €, ale pouze s pravděpodobností 0,008 %.

V následující Tab. 4.12 jsou zachyceny výsledné hodnoty portfolia, přičemž v prvním sloupci jsou hodnoty jednotlivých dluhopisů při výchozím ratingu, ve druhém sloupci je jejich očekávaná hodnota a ve třetím sloupci se nachází očekávaná ztráta daná rozdílem předchozích dvou hodnot.

Tab. 4.12 Výsledné hodnoty portfolia v €

Dluhopis	Hodnota při výchozím ratingu	Očekávaná hodnota	Očekávaná ztráta
Commerzbank	1 210 848	1 209 596	1 251
ArcelorMittal	1 090 880	1 087 420	3 460
Bayer	1 055 494	1 055 155	339
Lufhansa	1 313 785	1 310 834	2 951
Renault	1 118 747	1 116 360	2 387
Allianz Finance IIBV	1 178 168	1 177 936	233
Vodafone Group	1 287 416	1 287 287	129
Siemens	1 162 566	1 161 252	1 314
OMV	1 182 116	1 181 781	335
ČEZ AS	1 288 048	1 287 590	458
Portfolio	11 888 069	11 875 211	12 857

Očekávaná ztráta dosahuje 12 858 €, což tvoří pouze 0,11 % z celkové hodnoty portfolia. Důvodem je celkem vysoká kvalita dluhopisů, které jsou obsaženy v daném portfoliu. Dluhopisy společnosti ArcelorMittal mají nejnižší ratingové ohodnocení a to se také projevilo nejvyšší dosaženou očekávanou ztrátou.

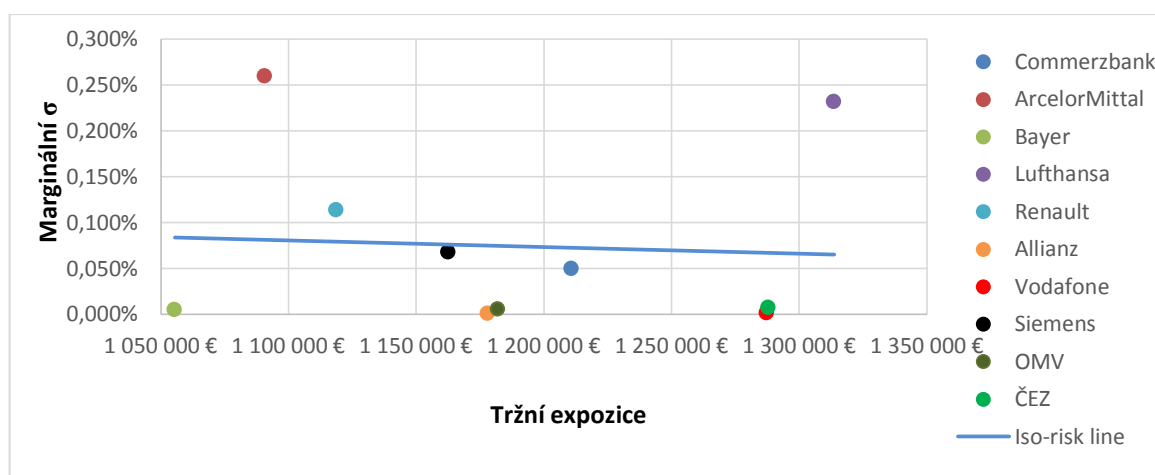
Dále je nutné zkoumat riziko, které je znázorněno směrodatnou odchylkou a ta je vyjádřena jako rozptyl hodnot kolem střední hodnoty. Jelikož kreditní riziko nemá normální rozdělení, je lepší určit marginální směrodatnou odchylku, pomocí níž lze odhadnout, které aktivum je vhodné zahrnout do portfolia a které ne. Díky této směrodatné odchylce je možné analyzovat vliv jednotlivých dluhopisů na velikost celkového rizika. Níže uvedená *Tab. 4.13* zobrazuje hodnoty obou ukazatelů.

Tab. 4.13 Parametry rizika jednotlivých dluhopisů a portfolia

Dluhopis	Směrodatná odchylka		Marginální směrodatná odchylka	
	v %	v €	v %	v €
Commerzbank	2,1346	25 820	0,0497	5 609
ArcelorMittal	5,6098	61 002	0,2593	29 266
Bayer	0,2335	2 464	0,0047	529
Lufthansa	4,2396	55 574	0,2312	26 094
Renault	3,7136	41 457	0,1137	12 834
Allianz Finance IIBV	0,0655	772	0,0011	121
Vodafone Group	0,0473	609	0,0011	127
Siemens	2,0850	24 212	0,0674	7 612
OMV	0,2022	2 390	0,0053	595
ČEZ AS	0,2976	3 832	0,0074	840
Portfolio	1,0426	117 684		

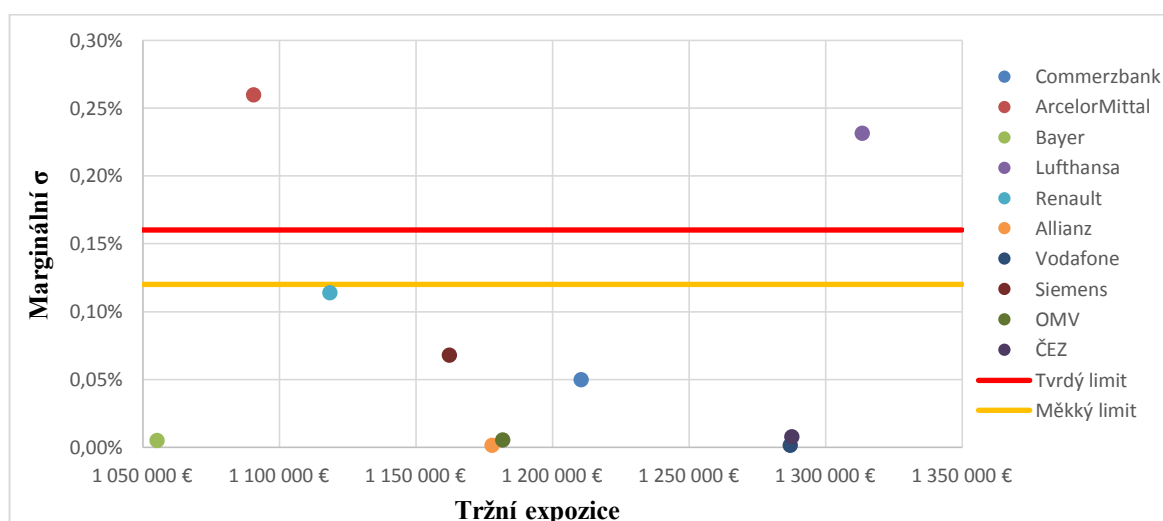
Směrodatná odchylka dosahuje pouze 1,04 %, tzn., že celkové riziko portfolia je nízké. Společnosti ArcelorMittal, Lufthansa a Renault mají nejvíce rizikové dluhopisy, důvodem jsou nejnižší výchozí ratingy. Všechny tři aktiva mají také nejvyšší marginální směrodatné odchylky. Z *Tab. 4.13* je zřejmé, že marginální směrodatné odchylky dosahují mnohem nižších hodnot než odchylky samostatně stojících aktiv, což je dáno efektem diverzifikace. Nejméně rizikové jsou investice do dluhopisů společností Vodafone Group nebo Allianz Finance IIBV. Jejich marginální směrodatná odchylka se pohybuje okolo 0,001 %. V níže uvedeném *Grafu 4.2* je pro lepší orientaci znázorněno marginální riziko.

Graf 4.2 Marginální riziko



V Grafu 4.2 je také znázorněna tzv. Iso-risk line, křivka tvořená body se stejnou hodnotou absolutního marginálního rizika. Úroveň tohoto rizika, která činí 348 €, se rovná mediánu absolutních marginálních rizik jednotlivých dluhopisů. Iso-risk line je stanovena jako součin expozice a relativní marginální směrodatné odchylky. Pokud se dluhopisy vyskytují pod touto křivkou, lze je pokládat za méně rizikové oproti dluhopisům, jenž se nacházejí nad ní. U tohoto portfolia jsou pouze tři dluhopisy nad linií. Důležité také je stanovit kreditní limity, které jsou zobrazeny v Grafu 4.3.

Graf 4.3 Limity kreditního rizika



Horizontální přímky znázorňují limity relativní marginální úrovně rizika jednotlivých emitentů. Měkký limit, který je stanoven na úrovni 0,12 %, představuje oranžová přímka. Na hranici limitu se nachází společnost Renault, které by se měla věnovat pozornost. Červená

přímka zobrazuje tvrdý limit stanovený na úrovni 0,16 %. Nad tímto limitem se nachází společnost ArcelorMittal a Lufthansa, jejichž dluhopisy by neměly být součástí portfolia.

Dalším a zároveň posledním zkoumaným parametrem jsou percentily, na základě kterých je stanovena velikost ekonomického kapitálu. Percentil vyjadřuje nejnižší hodnotu, které může portfolio dosáhnout při dané pravděpodobnosti. V této práci jsou určeny percentily na úrovni 0,1 %, 0,5 % a 1 %. Následující *Tab. 4.14* zobrazuje hodnotu portfolia a odpovídající velikost ztráty.

Tab. 4.14 Percentily a odpovídající hodnoty portfolia a ztráty

Percentil v %	Hodnota portfolia v €	Hodnota ztráty v €
0,1	10 629 304	-1 258 764
0,5	11 105 769	-782 300
1	11 283 419	-604 649

Na základě zjištěných výsledků lze říci, že hodnota portfolia s pravděpodobností 99,9 % neklesne pod 10 629 304 € a velikost ztráty nepřekročí hodnotu 1 258 764 €. Jednotlivé percentily odrážejí hodnotu VaR na hladině významnosti 0,1 %, 0,5 % a 1 %. Nyní je možné dopočítat podle (3.6) velikost ekonomického kapitálu, jenž znázorňuje množství peněz, které je potřeba držet na krytí neočekávaných ztrát z kreditního rizika. Následující *Tab. 4.15* zachycuje výsledné hodnoty.

Tab. 4.15 Velikost ekonomického kapitálu

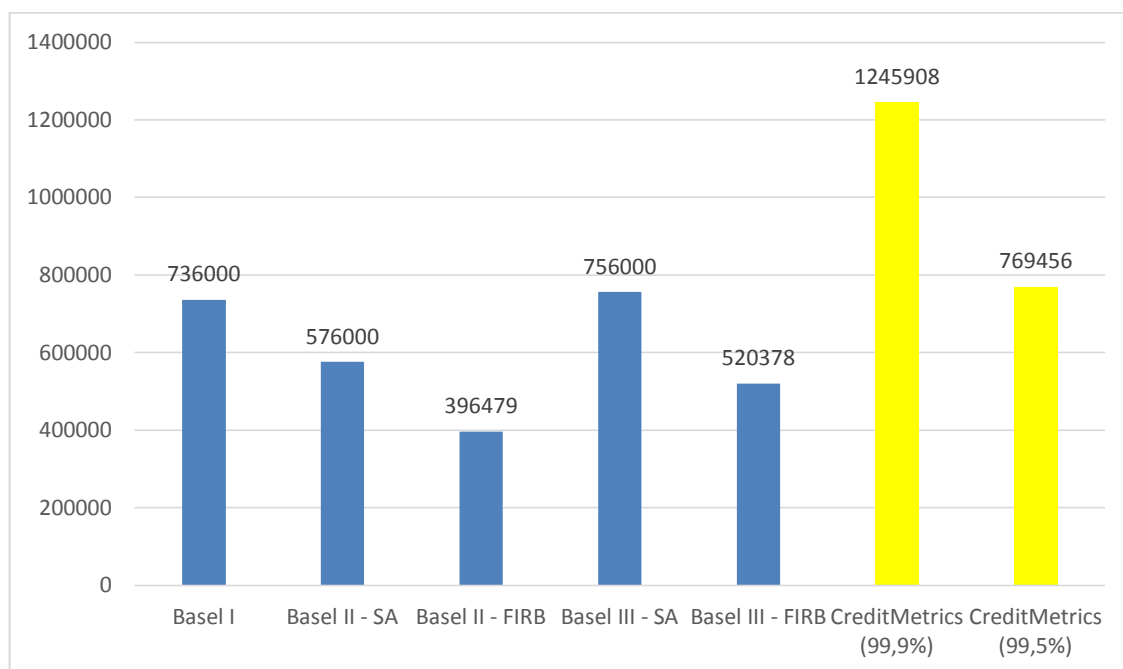
VaR v %	Ekonomický kapitál v €
0,1	1 245 908
0,5	769 456
1	591 792

V bankovníctví se pracuje s hladinou významnosti 0,1 %, 0,5 % ale i 1 %. Například na hladině 0,5 % dosahuje velikost ekonomického kapitálu 769 456 €. Aby bylo pokryto riziko ztráty z kreditního rizika, je nutné stále držet takovéto množství peněz. Za zmínku stojí fakt, že i s malým poklesem hladiny významnosti, zřetelně klesá velikost ekonomického kapitálu, což je zapříčiněno těžkými konci typickými pro kreditní riziko.

4.4 Zhodnocení výsledků

V této podkapitole budou zhodnoceny výsledky, které byly vypočtené v předchozí části kapitoly. Nejprve byla v podkapitole 4.2 stanovena velikost regulačního kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika na základě jednotlivých Basilejských dohod. Poté byla v podkapitole 4.3 určena velikost ekonomického kapitálu pomocí modelu CreditMetricsTM a výsledné hodnoty je možné vidět v níže uvedeném *Grafu 4.4*.

Graf 4.4 Velikost kapitálu pro krytí neočekávané ztráty dle jednotlivých metod



Jedním z cílů při zavádění Basilejských dohod bylo, aby velikost regulačního kapitálu pro krytí neočekávané ztráty byla co nejblíže hodnotě ekonomického kapitálu. Jestliže je u Basel II, Basel III použita základní metoda vnitřních ratingů daly by se očekávat podobné hodnoty i u modelu CreditMetricsTM, protože oba vychází z Mertonova modelu. Z *Grafu 4.4* je ale zřejmé, že ekonomický kapitál je i při rozdílných hladinách významnosti mnohem vyšší než regulační.

Tento rozdíl může být způsoben porušením tzv. typické granularity (určité diverzifikace a koncentrace portfolia), ze které vychází základní metoda vnitřních ratingů. K porušení typické granularity dojde, pokud je portfolio nedostatečně diverzifikované, což je situace sledovaného portfolia, které obsahuje pouze deset dluhopisů. Důsledkem je podhodnocení rizika a

stanovení nižšího regulačního kapitálového požadavku než by tomu bylo v případě lepší diverzifikace portfolia.

Dalším důvodem odlišných výsledků může být rozdílná míra korelace u aplikovaných modelů. Obecně platí, že s rostoucí korelací aktiv v portfoliu, roste při dané míře pravděpodobnosti i velikost neočekávané ztráty. U základní metody vnitřních ratingů je korelace klesající funkcí pravděpodobnosti defaultu. Při využití této metody v rámci Basel II, Basel III dosahuje korelace 22 % až 24 %. U modelu CreditMetricsTM se hodnoty korelace pohybují v rozmezí od 12 % do 77 %.

Na základě zjištěných výsledků lze říci, že využití základní metody vnitřních ratingů může bance přinést úsporu v podobě nižšího regulačního kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty než je tomu v případě použití standardního přístupu. Důvodem je větší citlivost metody vnitřních ratingů na kvalitu portfolia. U zkoumaného portfolia relativní úspora dosahuje 68 % a to jak u Basel II, tak i u Basel III. V rámci absolutního vyjádření je větší úspora u Basel III, což je způsobeno navýšením požadavku na minimální kapitálovou přiměřenost o 2,5 p.b.

5. Závěr

V současné době význam finančních rizik, zejména kreditního rizika, neustále narůstá. Také se zvyšuje počet rizikových faktorů, se kterými se podniky setkávají denně. Důvodem mohou být strukturální změny v ekonomikách, rostoucí míra globalizace a tudíž i vzájemná závislost světových finančních trhů a ekonomik. Kreditní riziko je považováno za nejvýznamnější a je typické pro bankovní instituce. Jedná se o potenciální ztrátu, kdy dlužník není schopen dostát svým závazkům, jako je placení úroků z úvěru a splácení vypůjčené částky v souladu s dohodnutými podmínkami. Proto je velmi důležité, aby měření a řízení kreditního rizika bylo efektivní.

Cílem diplomové práce bylo stanovení a porovnání velikosti kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty z kreditního rizika na základě Basilejských dohod a ekonomického kapitálu dle metody CreditMetricsTM.

Práce byla rozdělena na tři části, kdy v první, teoretické části byla popsána základní finanční rizika. Zvýšená pozornost byla věnována kreditnímu riziku, u kterého byly identifikovány jednotlivé faktory ovlivňující jeho velikost.

Druhá část byla metodologická a byla zaměřena na charakteristiku komplexních modelů řízení kreditního rizika, mezi které patří i metoda CreditMetricsTM. Celá podkapitola byla věnována stanovení velikosti ekonomického kapitálu dle metody CreditMetricsTM. Poté byly charakterizovány jednotlivé Basilejské dohody o kapitálové přiměřenosti.

Na začátku třetí, aplikační části byla popsána výchozí data, ze kterých bylo vypočítáno kreditní riziko. Na základě Basil I, Basel II a Basel III byla určena velikost regulatorního kapitálového požadavku na krytí neočekávané ztráty, přičemž byl aplikován standardní přístup i základní metoda vnitřních ratingů. Poté byla pomocí metody CreditMetricsTM stanovena velikost ekonomického kapitálu a v závěru aplikační části byly zjištěné výsledky porovnány.

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že při využití metody CreditMetricsTM je velikost ekonomického kapitálu poměrně vyšší než velikost regulatorního kapitálového požadavku vypočteného pomocí základní metody vnitřních ratingů u Basel II a Basel III. Velikost ekonomického kapitálu dle CreditMetricsTM na hladině pravděpodobnosti 0,5 % je 769 456 € a velikost regulatorního kapitálového požadavku dle Basel II je 396 479 €, dle Basel III 520 378 €. Příčinou takto rozdílných hodnot je pravděpodobně porušení typické granularity, kdy portfolio není dostatečně diverzifikované. Z výsledků je také zřejmé, že výše regulatorního kapitálového požadavku je při použití základní metody vnitřních ratingů nižší,

než je tomu u standardního přístupu. U zkoumaného portfolia relativní úspora dosahuje 68 % a to jak u Basel II, tak i u Basel III. Úspora v absolutním vyjádření je u Basel III poměrně vyšší, což je způsobeno navýšením požadavku na minimální kapitálovou přiměřenost o 2,5 p.b. Otázkou zůstává, jak se banky s tímto navýšením vypořádají.

Seznam použité literatury

Knižní zdroje:

- [1] FELSENHEIMER, Jochen, Philip GISDAKIS and Michael ZAISER. *Active Credit Portfolio Management: A Practical Guide to Credit Risk Management Strategies*. Weinheim: Wiley, 2006. ISBN 3-527-50198-3.
- [2] GUPTON, G. M., C. C., FINGER, and M., BHATIA. *CreditMetrics Technical Document*. New York: J. P. Morgan, 1997.
- [3] JÍLEK, Josef: *Finanční rizika*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. 640 s. ISBN 80-7169-579-3.
- [4] JUROŠKOVÁ, Lenka. *Bankovní regulace a dohled*. Praha. Auditorium, 2012. 174 s. ISBN 978-80-87284-26-1.
- [5] KAŠPAROVSKÁ, Vlasta. *Řízení obchodních bank: vybrané kapitoly*. 1. vyd. Praha: C.H.Beck, 2006. Beckovy ekonomické učebnice., xix, 339 s. ISBN 80-7179-381-7.
- [6] MEJSTRÍK, M., M. PEČENÁ a P. TEPLÝ: *Basic Principles of Banking*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2008. 627 s. ISBN 978-80-246-1500-4.
- [7] PEČENÁ, Magda a Petr TEPLÝ. *Credit Risk and Financial Crises*. Praha: Karolinum, 2010. 226 s. ISBN 978-80-246-1872-2.
- [8] POLOUČEK, Stanislav a kol. *Bankovníctví*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2013. 480 s. ISBN 978-80-7400-491-9.
- [9] TEPLÝ, Petr. *Základy financí*. 1. vydání, Praha: Grada Publishing, 2011. 304 s. ISBN 978-80-247-3669-3.
- [10] VALOVÁ, Ivana. *Řízení rizik podle Basel II*. Brno. Masarykova univerzita, 2010. 187 s. ISBN 978-80-210-5410-3.
- [11] VLACHÝ, Jan, *Řízení finanční rizik*. Praha: EUPRESS, 2006. 256 s. ISBN 80-86754-56-1.
- [12] WITZANY, Jiří. *Credit risk management and modeling*. 1. vyd. Praha: Oeconomica, 2010. 212 s. ISBN 978-80-245-1682-0.
- [13] ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 s. ISBN 978-80-86929-91-0.

Články v odborných časopisech nebo ve sbornících z konference:

- [14] CROUHY, Michel, Dan GALAI and Robert MARK. A comparative analysis of current credit risk models. *Journal of Banking and Finance*. 2000. vol. 24, s. 59-117.
- [15] ČERNÝ, Jakub. Jaké změny hrozí z Basileje. *Bankovníctví*. 2010, č. 12, s. 18. – 19. ISSN 1213-7693.
- [16] LAUŠMANOVÁ, Monika. Basel III může pozitivně ovlivnit řízení bank. *Bankovníctví*. 2011, č. 2, s. 18 – 21. ISSN 1213-7693.

Elektronické zdroje:

- [17] BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*. [online], Bank for International Settlements [10. 12. 2016]. Dostupné z: <http://www.bis.org/publ/bcbs128b.pdf>
- [18] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Uveřejňování ČNB podle směrnice EU* [online]. ČNB [10. 12. 2016]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/cs/dohled_financni_trh/vykon_dohledu/supervisory_disclosure/
- [19] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Operační riziko a jeho dopady do finanční stability*. [online]. ČNB [10. 12. 2016]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/financni_stabilita/zpravy_fs/fs_2007/FS_2007_clanek_4.pdf
- [20] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Opatření České národní banky č. 2 ze dne 3. února 2004 k vnitřnímu řídicímu a kontrolnímu systému banky*. [online]. ČNB [10. 12. 2016]. Dostupné z: http://www.cnb.cz/miranda2/export/sites/www.cnb.cz/cs/legislativa/vestnik/2004/download/v_2004_03_10204510.pdf
- [21] ERSTE GROUP. *Market swap rates*. [online]. [30. 1. 2017]. Dostupné z: https://produkte.erstegroup.com/CorporateClients/en/MarketsAndTrends/Fixed_Income/Capital_markets_derivatives/index.phtml
- [22] FRANKFURT STOCK EXCHANGE. *Bonds* [online]. FSE [10. 12. 2016]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/bonds>

- [23] FRANKFURT STOCK EXCHANGE. *Equities* [online]. FSE [10. 1. 2017]. Dostupné z: <http://en.boerse-frankfurt.de/equities>
- [24] GRONYCHOVÁ, Marcela. *Měření kreditního rizika – model CreditMetrics* [online], Česká pojišťovna [15. 12. 2016]. Dostupný z: <http://www.actuaria.cz/upload/Kreditni%20riziko.pdf>
- [25] NOVOTNÝ, Josef. *Posouzení vybraných přístupů stanovení kapitálového požadavku na kreditní riziko komerční banky*. Ostrava, 2012. Dizertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta ekonomická, Katedra financí.
- [26] STANDARD & POORS. *Ratings* [online], S&P [10. 12. 2016] Dostupný z: http://www.standardandpoors.com/en_US/web/guest/home

Seznam zkratek

BIS	The Bank for International Settlements
CB	centrální banka
CDS	Credit Default Swap
CLN	Credit Linked Note
CSO	Credit Spread Options
ČNB	Česká národní banka
DD	Distance to Default (vzdálenost do defaultu)
DP	Default Point (bod defaultu)
EAD	Exposure at default (expozice v době defaultu)
EDF	Expected Default Frequency (očekávaná četnost defaultu)
EUROLIBOR	Euro InterBank Offered Rate (evropská mezibankovní sazba)
FIRB	Foundation Internal Ratings Based (základní metoda vnitřních ratingů)
FSE	Frankfurt Stock Exchange
HDP	hrubý domácí produkt
IRS	Interest Rate Swap
LIBOR	London InterBank Offered Rate (londýnská mezibankovní sazba)
LGD	Loss Given Default (ztráta daná defaultem)
M	Maturity (splatnost)
PD	Probability of Default (pravděpodobnost defaultu)
PRIBOR	Prague InterBank Offered Rate (pražská mezibankovní sazba)
OECD	The organisation for Economic Co-operation and Development
OTC	Over the Counter (mimoburzovní trh)
RR	Recovery rate (míra návratnosti)
SA	Standardized approach (standardní přístup)
S&P	Standard & Poor's
TRS	Total Return Swaps
VaR	Value at Risk

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obhradů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 20.4.2017

Denka Hrávková

jméno a přímení studenta

Seznam příloh

Příloha č. 1	Kompletní jednoletá tranzitivní matice pravděpodobnosti migrace ratingu společnosti S&P
Příloha č. 2	Kovarianční matice
Příloha č. 3	Forwardové výnosové křivky pro období 2016-2026
Příloha č. 4	Hraniční hodnoty
Příloha č. 5	Přiřazení ratingů
Příloha č. 6	Výsledné hodnoty dluhopisů dle ratingů a počtu kusů
Příloha č. 7	Rozdělení pravděpodobností hodnot portfolia